



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE COBERTURA “INDOOR” UMTS
PARA EL CAMPUS DE VILANOVA I LA GELTRÚ**

AUTOR: Sami Mdagmech Gómez de Tejada

TITULACIÓ: Ingeniería Téc. Telecomunicaciones esp. Sist. Electrónicos

DIRECTOR: Francesc Rey Micolau

DEPARTAMENT: Teoria del senyal y comunicacions.

DATA: 28 de Junio de 2007

TÍTOL: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE COBERTURA “INDOOR” UMTS PARA EL CAMPUS DE VILANOVA I LA GELTRÚ

COGNOMS: Mdagmech Gómez de Tejada

NOM: Sami

TITULACIÓ: Enginyeria tècnica en telecomunicacions

ESPECIALITAT: Sistemes electrònics

PLA: 95

DIRECTOR: Francesc Rey Micolau

DEPARTAMENT: 739. Teoria del senyal y comunicacions.

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA: 13 – 07 - 2007

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: Sí No

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

En este proyecto vamos a realizar un estudio para dar cobertura al Campus de Vilanova. Para ello, nos pondremos en la situación de todos los departamentos por los que pasa un nodo a la hora de integrarse.

Durante la realización de este proyecto hemos analizado el número de abonados a los que queremos dar cobertura, analizando si nuestro enlace puede mantener el servicio a un 60% de carga. Este apartado, sin tener en cuenta las alturas de edificios, ancho de calles y otros elementos, serviría como ejemplo para dar cobertura a un espacio abierto.

Además hemos realizado un estudio del nodo que se implementaría para dar cobertura a un espacio cerrado, explicado las tarjetas, sus funcionalidades y elegido unas tarjetas en función de los servicios que ofreceremos a nuestros abonados.

El siguiente punto ha sido realizar la ruta de transmisión y los datos que se tendrán que cargar en el nodo para el correcto funcionamiento del mismo dentro de la red UMTS.

Y para finalizar, analizamos todo el tráfico que se gestiona por la red UMTS para así conseguir que nuestro nodo pueda cursar tráfico y sostenga la gestión del mismo.

Paraules clau (màxim 10):

UMTS	UTRAN	HSDPA	HSUPA
RNC	NODO B	WCDMA	ATM
ATENUACIÓN	POTENCIA		

Prólogo

Durante mi vida de estudiante he aprendido que, aunque sólo sean pinceladas, cuando se aborda una parte de un proyecto, hay que tener unos conocimientos mínimos de todo el proyecto en conjunto. En la facultad, al margen de que unas asignaturas gusten más o menos, se dio una visión global de las telecomunicaciones.

Al llegar al sector laboral, aprendí rápidamente que lo más importante es hacer tu trabajo bien, y que no es necesario saber lo que hacen el resto de departamentos que se combinan con el mío. Pero por otra parte, entiendo que no tiene ningún sentido hacer un trabajo sin preocuparte de lo que hacen el resto de los departamentos que te rodean.

De ahí mi interés en realizar este proyecto. En mi trabajo, formo parte del equipo que integra el nodo B, es decir el último capítulo, y cuando entré y le pregunté a mi compañero de departamento sobre los otros departamentos me explicaba pinceladas, entre otras cosas porque a la empresa no le importa que no sepas nada de los otros departamentos (bien porque no son competencia de tu empresa o porque ya tienen gente especializada en ese departamento). Y por eso, en este proyecto he querido recrear todo lo que hacen todos los departamentos durante una integración de un nodo B.

Índice de contenido

1 INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Visión global del proyecto.....	15
1.2 Historia de la telefonía móvil	16
1.2.1 Primera generación.....	16
1.2.2 Segunda generación.....	17
1.2.3 Tercera generación.....	18
1.2.4 Evolución de UMTS.....	19
1.2.4.1 HSDPA.....	20
1.2.4.2 HSUPA.....	20
1.2.5 Futura cuarta generación.....	21
1.3 Comparativa entre GSM y UMTS.....	21
1.3.1 Diferencias de señal.....	21
1.3.2 Diferencias de servicios.....	22
1.4 Tecnología UMTS.....	23
1.4.1 W-CDMA.....	23
Espectro ensanchado.....	25
Ventajas de las técnicas de espectro ensanchado.....	26
Reducción de la densidad espectral de potencia.....	26
Privacidad.....	27
Protección frente a interferencias.....	27
Resolución temporal y protección frente a multitrayecto.....	28
1.4.2 Arquitectura de red UMTS.....	28
1.5 Organismos de estandarización (3GPP).....	31
1.6 Espectro IMT-2000 (International Mobile Telecommunication).....	32
2 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE DISEÑO: EPSEVG.....	35
2.1 Datos generales.....	36
2.2 Dimensionamiento del enlace ascendente(UPLINK).....	37
2.3 Dimensionamiento por capacidad del enlace ascendente al 60%.....	37
2.3.1 Llamadas de voz.....	38
2.3.2 Circuit Switching.....	39
2.3.3 Packet Switching.....	41
2.4 Conclusiones.....	42
3 ELECCIÓN DEL TIPO DE NODO B.....	45

3.1 RBS3303.....	46
3.1.1 Equipamiento Banda Base.....	47
3.1.2 Equipamiento Radio.....	51
3.1.3 Equipamiento de control y switching.....	51
3.2 Conclusiones.....	55
4 ESTUDIO Y POSICIONAMIENTO DE LAS ANTENAS.....	59
4.1 Edificio A.....	64
4.1.1 Planta 1.....	64
4.1.2 Planta 0.....	68
4.1.3 Planta 2.....	71
4.1.4 Planta 3.....	74
4.2 Biblioteca.....	75
4.3 Edificio B.....	80
4.4 Conclusiones.....	83
5 PREPARACIÓN DE DATOS RADIO Y TRANSMISIÓN.....	87
5.1 Departamento de Transmisión.....	87
5.2 Departamento de Radio.....	91
5.2.1 Datos físicos.....	91
5.2.2 Definición del tráfico.....	95
6 INTEGRACIÓN DEL NODO B.....	99
6.1 Introducción : Topología de red de acceso UTRAN.....	99
6.1.1 Interfaz Operation & Maintenance (Mub).....	100
6.1.2 Interfaz Iub.....	100
6.1.2.1 Sincronismo.....	101
6.1.2.1 Señalización.....	102
Circuito de Canales Radio (NBAP).....	102
Circuito Q.2630.....	102
6.2 Integración del nodo B.....	103
6.2.1 Routers de gestión.....	104
6.2.2 Switch ATM.....	105
6.2.3 Nodo B y RNC.....	106
6.2.3.1 Operación y Mantenimiento (MUB).....	106
6.2.3.2 Tráfico (IUB).....	112
6.2.3.3 Definición de parámetros específicos de Radio.....	119
7 CONCLUSIONES.....	123

ANEXOS.....	125
Anexo 1 : Tablas Erlang-B.....	125
Anexo 2 : Acoplador.....	128
Anexo 3 : Divisor.....	129
Anexo 4 : Antena Omnidireccional.....	130
Anexo 5 : Antena de panel.....	131
Anexo 6: Cable.....	132
Anexo 7 : Repetidor UMTS.....	133
Anexo 8 : Esquema de objetos de transmisión IUB.....	135

Índice de acrónimos

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AAL	ATM Adaptation Layer
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
ARIB	Association of Radio Industries and Bussines
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CBR	Constant Bit Rate
CBU	Control Basic Unit
CDMA	Code Division Multiple Access
CE	Channel Element
CEPT	Conférence Euopéenne des Postes et Télécommunications
CS	Circuit Switching
D-AMPS	Digital Advanced Mobile Phone Service
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
ETB	Exchange Terminal Board
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GSM	Groupe Spécial Mobile Global System for Mobile communications
GPB	General purpose Processor Board
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMA	Inverse Multiplexing for ATM
IMT-2000	International Mobile Telecommunication
ITU	International Telecommunication Union
NBAP	Node B Application Part.
NMTS450	Nordic Mobile Telephone System
PS	Packet Switching
Q.2630	(ALCAP) Access Link Control Application Part.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation

RAXB	Baseband Receiver Board
RBS	Radio Base Station
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
SCB	Switch Control Board
SDR	Software Defined Radios
SP	Spreading Factor
STM	Synchronous Transport Module
sTRXB	Single Carrier Transceiver Board
TACS	Total Access Communications System
TDMA	Time Division Multiple Access
TUB	Timing Unit Board
TXB	Baseband Transmitter Board
UBR	Undefined Bit Rate
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VC	Virtual Channel
VP	Virtual Path
W-CDMA	Wideband-Code Division Multiple Access
WAP	Wireless Access Protocol
WWW	World Wide Web

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto se expone en concordancia con los pasos seguidos durante el período de desarrollo del mismo. Lo primero es saber la densidad de población a la que se desea dar cobertura, los equipos que se implantarán para estas necesidades, la cobertura radio de estos equipos y la posterior integración y aceptación de estos equipos.

Durante el resto del documento, el lector podrá encontrar todos los datos necesarios de cada uno de los bloques. Cada bloque posee un capítulo exclusivo que permite conocer de forma detallada todos los pasos seguidos.

Finalmente se proporciona un CD en el que quedan contenidas las especificaciones técnicas de cada equipo y estudios realizados, de manera que sea de fácil comprensión y accesible para el lector.

1.2 Historia de la telefonía móvil

Para poder entender el por qué de nuestro interés en realizar una red sobre UMTS, haremos una pequeña explicación de lo que significa el UMTS y las diferencias con la anterior tecnología GSM.

Tal y como ocurre en muchos ámbitos tecnológicos, los sistemas de telefonía móvil son diversos e incompatibles entre sí en todo el mundo. El estándar UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) es un puente que elimina esta incompatibilidad.

1.2.1 Primera generación

La primera generación de telefonía móvil celular, nació con el propósito de llevar la telefonía a cualquier lugar, para esto se estableció el uso de la técnica de acceso FDMA/FDD (Frequency Division Multiple Access / Frequency Division Duplex). Esta técnica de Acceso Múltiple por División de Frecuencia, utilizaba dos frecuencias portadoras diferentes para establecer la comunicación TX (Uplink) y RX (Downlink)

En Europa el año 1981, se introduce el sistema NMTS450 (Nordic Mobile Telephone System), el cual comenzó a operar en Dinamarca, Suecia, Noruega y Finlandia, en la banda de frecuencia de los 450MHz, de ahí el número en el acrónimo.

A su vez, ese mismo año 1981, en Norteamérica, se implantó el sistema AMPS (Advanced Mobile Phone Service), el cual disponía de 624 canales de voz y 42 canales de señalización o

control, en total 666 canales, de 30KHz cada uno.

La Gran Bretaña, en el año 1985, desarrollo su propio sistema a partir del sistema AMPS norteamericano, y adoptó el sistema TACS (Total Access communications System), el cual mejoraba el número de canales llegando a los 1000, pero reduciendo el ancho de banda de los 30KHz del sistema norteamericano a los 25KHz, y éste operaba en la banda de los 900MHz.

En esta misma década surgen otros sistemas para esta primera generación de telefonía móvil, como el NTT que fue el estándar japonés, el C-Netz el estándar alemán o el French Radiocom 2000 de Francia entre otros.

Todos estos sistemas de primera generación, eran sistemas analógicos, y únicamente disponían de un servicio de llamadas de voz. Debido a las diferencias entre todos estos sistemas, la incompatibilidad estaba garantizada, esto implicaba que un terminal de Norteamérica no podía funcionar en otro país, y los proveedores de servicio querían un estándar más global y sobretodo reducir costes, y esto fue lo que impulsó la aparición de la segunda generación.

1.2.2 Segunda generación

Los problemas con la primera generación estaban servidos, y esto impulsó el desarrollo de un estándar para las comunicaciones móviles. A partir de la aparición de los primeros servicios comerciales en 1982, se tomó la decisión de poner en marcha un grupo de trabajo llamado Groupe Spécial Mobile (GSM), en la Conferencia Europea de Telecomunicaciones celebrada en Francia, CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications). Este grupo de trabajo fue el encargado de crear unas especificaciones para un nuevo sistema de comunicaciones móviles común para toda Europa, usando la Banda de los 900MHz, la cual fue reservada en 1978 en la World Administrative Radio Conference.

El GSM nació como un norma europea para unificar los sistemas analógicos de primera generación que llevaban más de diez años en funcionamiento, y unirlos en un único sistema móvil digital. De esta manera se eliminarían las incompatibilidades de los sistemas entre los diferentes países y Europa usaría un sistema único y digital.

En 1986, se llevan a cabo unas pruebas de campo en Francia y al año siguiente se adopta el método de acceso TDMA (Time Division Multiple Access). En 1988, se firma un acuerdo de intenciones (MOU: Memorandum Of Understanding) por 18 países, en el cual, los firmantes se comprometían a cumplir las especificaciones del grupo de trabajo GSM, a adoptar éste como único estándar de telefonía móvil y a implementar un servicio comercial GSM. Este nuevo sistema ofrece un seguimiento automático de los teléfonos móviles en su desplazamiento por los países adscritos a esta norma. A partir de esta norma, una persona puede viajar por diferentes

1 INTRODUCCIÓN

países con un único teléfono móvil y éste funcionará en todos ellos, siempre y cuando su operador esté en todos estos países o llegue a acuerdos con otros operadores para que sus clientes puedan usar sus redes, es lo que se conoce como Roaming.

Con la aparición de GSM, éste mantuvo el acrónimo del grupo de trabajo que lo desarrolló, aunque su significado se cambió por “Global System for Mobile communications”.

A su vez en Norteamérica se desarrolló un nuevo estándar digital, pero las finalidades de éste fue aumentar la capacidad de la ya existente banda de 800MHz. Los teléfonos móviles debían funcionar con los canales de voz analógicos que ya existían y con los nuevos canales digitales, el llamado Dual Mode. La idea principal era mantener la compatibilidad inversa. A partir de este momento se comienza a emplear el término D-AMPS (Digital AMPS), para marcar la evolución del sistema hacia un entorno digital. Este término se refiere a la norma IS-54B, la cual define un interfaz digital con componentes heredados de AMPS, la primera generación. Debido a los requisitos para mantener la compatibilidad inversa, fue natural elegir el estándar TDMA de 30KHz, dado que los sistemas analógicos existentes funcionaban con esta anchura de canal, y en este sistema se transmiten tres canales por cada portadora de 30KHz.

En la década de los 90 aparece un nuevo estándar, el CDMAOne o IS-95, el cual utiliza un método de acceso CDMA (Code Division Multiple Access). Esta tecnología fue desarrollada por Qualcomm y consiste en el uso de la misma frecuencia por todos los usuarios al mismo tiempo, pero separando las diferentes conversaciones mediante códigos.

1.2.3 Tercera generación

W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) es el acrónimo de Acceso Múltiple de Banda Ancha por División de Código, y es el método de acceso empleado en la tercera generación.

W-CDMA es la tecnología móvil inalámbrica destinada a sustituir a GSM y su método de acceso TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo). Con ello se pretende aumentar las tasas de transmisión de datos y ofrecer velocidades mucho más altas en dispositivos portátiles, como teléfonos móviles aunque no es exclusivo de ellos, que las obtenidas hasta el momento.

La tecnología UMTS permite la introducción de un mayor número de usuarios/clientes a la red global del sistema. La velocidad de acceso se incrementa hasta los 2Mbps por usuario móvil, siempre que su velocidad de movimiento sea baja. Esta tecnología está siendo desarrollada por el 3GPP (3rd Generation Partnership Project), un proyecto común entre diferentes organismos de diferentes países, los cuales son: ANSI T-1 (USA), ETSI (Europa), ARIB/TTC (Japón), CWTS (China) y TTA (Korea). Con este proyecto se pretende la globalización de los sistemas de

telecomunicación.

Para lograr su meta de globalización, el proyecto 3GPP introduce la tecnología UMTS a través de diferentes fases y versiones anuales. La primera de ellas describía como realizar la transición de GSM hacia UMTS y se realizó en el año 1999. En la segunda, el año 2000, se describe lo mismo pero para la transición desde IS-95, el sistema usado en Norteamérica.

Esta tecnología no sólo es apropiada para usuarios avanzados, sino que aparte de disponer de una gran diversidad de servicios, es apta para la gran mayoría de usuarios. Lo que UMTS nos ofrece es:

- 1) Facilidad de uso. Los servicios que nos ofrece UMTS son fáciles de usar y adaptables a las necesidades y gustos de los usuarios. Los terminales están disponibles en una amplia gama para facilitar el acceso a los distintos servicios.
- 2) Bajo coste. Éste debido a la globalización de la tecnología, garantiza un mercado masivo.
- 3) Servicios nuevos y mejorados. Los servicios de voz, básicamente llamadas, seguirán manteniendo su dominio durante algunos años, pero los usuarios cada vez exigirán a la nueva tecnología una calidad más alta. Otros servicios que pasarán a ser básicos serán los de datos e información, estos íntimamente relacionados con el acceso a la Internet a través de UMTS. Las previsiones que se esperan, muestran un fuerte incremento en los servicios multimedia hacia el año 2010, lo que hará posible la aparición de estos servicios de alta calidad en zonas de difícil acceso o carentes de una buena red fija de telefonía.
- 4) Velocidad de acceso rápida. Con respecto a la segunda generación móvil (2G), esta nueva tecnología, hace posible la transmisión de datos a altas velocidades. Éstas varían según las condiciones pero las pruebas realizadas hasta el momento dan tasas de 144Kbps sobre vehículos en movimiento a gran velocidad, de 384Kbps en espacios abiertos y hasta 2Mbps con baja movilidad (como en el interior de un edificio). Con esta capacidad de transferencia, el soporte para servicios multimedia interactivos y servicios de banda ancha, como aplicaciones de videollamada está garantizada.

1.2.4 Evolución de UMTS

Una vez instalado y aceptado el sistema UMTS por los usuarios como nosotros, la evolución de UMTS llega a la generación 3.5 (HSDPA: High Speed Downlink Packet Access) y se están haciendo pruebas con la generación 3.75 (HSUPA: High-Speed Uplink Packet Access).

1.2.4.1 HSDPA

Esta evolución de UMTS es considerada el paso previo antes de saltar a la cuarta generación (4G), la que teóricamente unificará todas las redes, y recibe el nombre de generación 3.5 (3.5G).

La tecnología HSDPA no es un nuevo sistema como lo es UMTS, sino que se considera como una primera evolución de UMTS. Ésta optimiza la tecnología espectral de UMTS/WCDMA, la cual está incluida en las especificaciones que el grupo 3GPP estableció en su *release 5* consistiendo éstas en la incorporación de un nuevo canal compartido en el enlace descendente (downlink), el cual incrementa la máxima capacidad de transferencia de datos hasta alcanzar cotas de 14Mbps, soportando tasas de rendimiento promedio cercanas a 1Mbps.

La compatibilidad en sentido inverso con WCDMA está garantizada y cualquier servicio y/o aplicación funcionará para HSDPA. Además la mayoría de proveedores actuales de UMTS ya dan soporte para esta tecnología.

La prestación de servicios de banda ancha llega a su máximo potencial con HSDPA a través de las redes WCDMA, aumentando la capacidad de recepción de datos con un mayor rendimiento. Tal y como UMTS mejoraba la eficiencia espectral comparada con la segunda generación, pasa de forma idéntica con HSDPA con respecto a WCDMA, además de permitir que la red sea utilizada por un mayor número de usuarios. Debido a estos aumentos, se posibilita el acceso a nuevos tipos de aplicaciones, como vídeollamada y juegos online entre múltiples jugadores, al acortar la latencia de la red (menos de 100ms), mejorando los tiempos de respuesta.

Lo que permite alcanzar estas mejores tasas de velocidad es la inclusión de una modulación de mayor grado 16-QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura), redundancia incremental y codificación variable de errores.

1.2.4.2 HSUPA

La HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) es la llamada generación 3.75. Es el siguiente paso, y la optimización, del HSDPA. Si con el HSDPA se conseguían elevadas tasas de bajada, con el HSUPA lo que se quiere conseguir es una tasa elevada de subida aunque de momento, sólo se están haciendo pruebas y aún ninguna operadora ha apostado por ella. Las tasas de subida que se han conseguido son de hasta 5.76Mbps.

La función del HSUPA es igual de fundamental que la del HSDPA, ya que es casi tan importante la subida como la bajada en Internet. Con el HSUPA se consigue poder enviar un correo electrónico con un archivo adjunto, juegos en tiempo real contra otro usuario y establecer ratios simétricos de datos con otros usuarios.

1.2.5 Futura cuarta generación.

La futura cuarta generación no tiene ninguna definición a día de hoy pero sí se pueden intuir algunas características gracias a las pruebas que se han estado realizando y a las bases que se están estableciendo.

Esta cuarta generación está basada totalmente sobre IP y está previsto que se alcancen velocidades de 100Mbps en movimiento y 1 Gbps en movilidades bajas. En Japón la empresa NTT DoCoMo experimentó con la cuarta generación alcanzando los 100Mbps a 200Km/h.

Se espera que en Japón la 4G surja comercialmente en el 2010 y en el resto del mundo se implante sobre el año 2020. Pese a las pruebas en Japón y a las nuevas tecnologías el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) aún no se ha pronunciado sobre el 4G.

Como características principales tenemos:

- 1) Para el acceso radio abandona el acceso tipo CDMA característico de UMTS
- 2) Uso de SDR (Software Defined Radios) para optimizar el acceso radio
- 3) La red completa prevista es todo-IP
- 4) Las tasas de pico máximas previstas son de 100Mbps en enlace descendente y 50Mbps en enlace ascendente (con espectros en ambos sentidos de 20 Mhz)

Después de esta introducción sobre el futuro cercano en telefonía móvil nos podríamos hacer la siguiente pregunta: Con el UMTS se prometen 2Mbps y con HSDPA hasta 14Mbps, no sería mejor asegurar una fiabilidad de la red que tener una tasa de 100Mbps?

A lo mejor las operadoras de telefonía móvil deberían interesarse más en que sus departamentos de I+D analicen como mejorar la calidad de las llamadas entre celdas, como abaratar costes hacia el consumidor y mejorar calidades de servicios que en ofrecer un ancho de banda de 100Mbps.

1.3 Comparativa entre GSM y UMTS

1.3.1 Diferencias de señal

En la *Tabla 1* extraída de la pagina www.umtsworld.com se puede observar las diferencias entre

1 INTRODUCCIÓN

el sistema GSM o también llamado 2G por ser la tecnología de 2ª generación y el sistema UMTS.

	WCDMA	GSM
Carrier Spacing	5 MHz	200KHz
Frequency reuse factor	1	1-18
Power control frequency	1500 Hz	2 Hz or lower
Quality control	Radio resource management algorithms	Network planning (Frequency planning)
Frequency diversity	5 Mhz bandwidth gives multipath diversity with RAKE receiver	Frequency hopping
Packet data	Load based packet scheduling	Time slot based scheduling with GPRS
Downlink transmit diversity	Supported for improving downlink capacity	Not supported by the standard but can be applied

Tabla 1 Comparativa GSM vs UMTS

1.3.2 Diferencias de servicios

Estas tecnologías de segunda generación ofrecían las siguientes características:

- 1) Mayor calidad de la transmisión de voz.
- 2) Mayor capacidad de usuarios.
- 3) Mayor privacidad de las conversaciones.
- 4) La posibilidad de enviar mensajes alfanuméricos. Gracias a este servicio se pueden enviar mensajes de hasta 160 caracteres, consiguiendo después poder enviar tres mensajes seguidos llegando juntos.
- 5) Navegar por Internet mediante WAP (Wireless Access Protocol). Es la Generación 2.5.
- 6) Desvíos de llamadas.
- 7) Llamadas en espera.
- 8) Roaming. (Cambio de red entre países y/o operadores)

En cambio con el sistema UMTS conseguimos los siguientes resultados:

- 1) Transmisión asimétrica/simétrica de alta fiabilidad.
- 2) Velocidades de hasta 384kbit/s en espacios abiertos y 2Mbit/s con baja movilidad.
- 3) Debido al ancho de banda dinámico, la red proporciona mayor o menor velocidad en función de la aplicación.
- 4) Soporte tanto de conmutación de paquetes como de circuitos.
- 5) Acceso a Internet (navegación WWW) de banda ancha, TV, correo electrónico y vídeo y audio en tiempo real (Servicios de Internet como en tu casa).
- 6) En una sola conexión, diferentes servicios a la vez.
- 7) Calidad de voz igual a la de la red fija.
- 8) Tiene mayor capacidad y un uso eficiente del espectro.
- 9) El usuario puede elegir según los servicios que necesite y esté dispuesto a pagar.
- 10) Servicios en función de la posición.
- 11) Estabilidad con los sistemas actuales de 2G.
- 12) Más facilidad que en 2G por el roaming debido a que todos los operadores se basan en el mismo sistema.
- 13) Cobertura mundial, tanto a nivel terrestre como satélite.

1.4 Tecnología UMTS

1.4.1 W-CDMA

En un sistema de comunicaciones móviles, el medio de transmisión radioeléctrico es común a todos los usuarios. Esto plantea la necesidad de arbitrar un método para regular el acceso al mismo por parte de todos los usuarios manteniendo una calidad adecuada en sus comunicaciones. Existen tres formas básicas de llevar a cabo esta comparación:

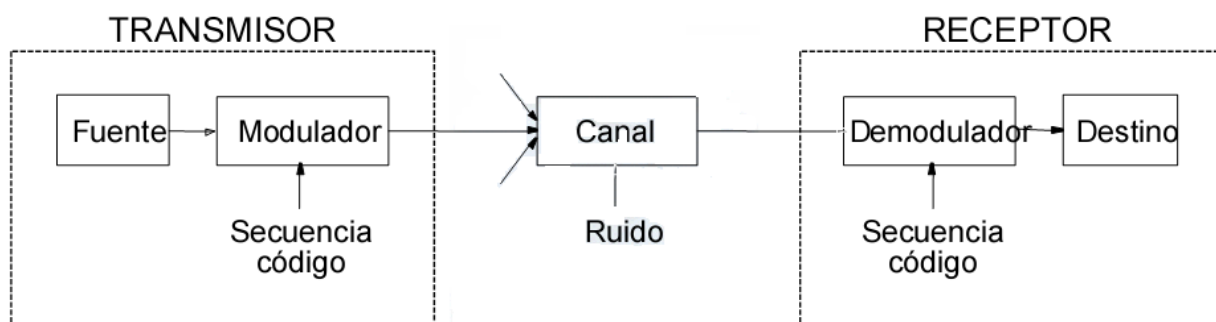
- 1) FDMA (Frequency Division Multiple Access): Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
- 2) TDMA (Time Division Multiple Access): Acceso Múltiple por División de Tiempo.
- 3) CDMA (Code Division Multiple Access): Acceso Múltiple por División de Código.

La técnica de acceso múltiple por CDMA se basa en la utilización de señales de espectro ensanchado. Los usuarios transmiten en la misma banda de frecuencias de forma continua en el

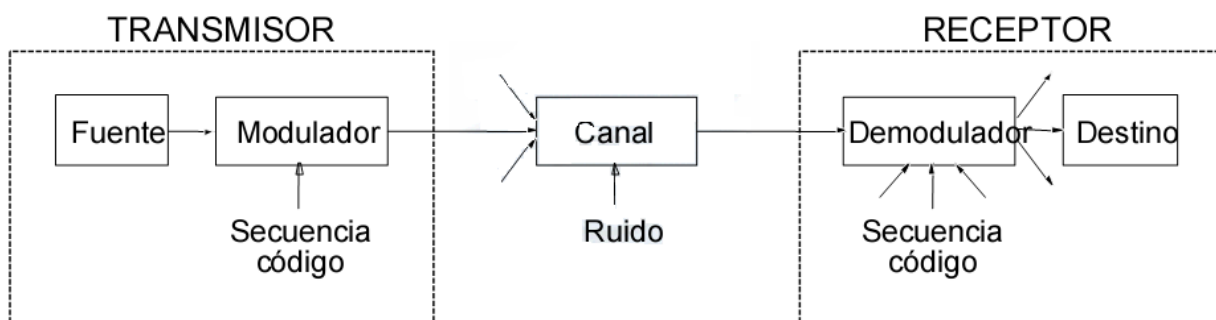
tiempo, y la separación de las señales en recepción se consigue gracias a las propiedades de rechazo de interferencias características de este tipo de señales. Estas propiedades vienen determinadas fundamentalmente por las secuencias código utilizadas en el proceso de ensanchamiento, las cuales, por tanto, de manera decisiva en las características del sistema.

El acceso múltiple CDMA, en su variante de secuencia directa, se viene aplicando desde principios de los años 90 a sistemas de comunicaciones móviles comerciales. Sus características de limitación por interferencia y buen comportamiento frente al multitrayecto hacen de CDMA un método de acceso muy bien adaptado a este tipo de entornos, con importantes ventajas frente a los métodos clásicos FDMA o TDMA en cuanto a capacidad y calidad.

La *Figura 2 (a)* representa un sistema de comunicaciones CDMA con receptor convencional (monousuario). Se muestra, de manera simplificada, la estructura del transmisor y el receptor correspondientes a una comunicación o enlace de referencia; las señales de los demás usuarios serán señales interferentes. En el transmisor, el bloque etiquetado como “fuente” incluye la posible codificación de fuente y de canal.



(a) Con receptor convencional (monousuario)



(b) Con receptor multiusuario

Figura 2 Receptores monousuario y multiusuario

El bloque “modulador” incluye los procesos de ensanchamiento, utilizando una secuencia código

generada por el bloque correspondiente, conformación de espectro y modulación sobre la portadora. El canal influye sobre la forma de la señal transmitida a través de los fenómenos de variación temporal y multitrayecto. Las señales de los demás usuarios se generan de la misma manera y se envían también por el canal, de modo que la señal total a la salida de éste es la superposición de:

- 1) La señal deseada, atenuada y distorsionada en su recorrido por el canal.
- 2) Señales interferentes de los demás usuarios, que han sufrido un proceso similar en su paso por el canal.
- 3) Ruido térmico, tanto captado por la antena como originado en el propio receptor.

En el receptor, el bloque “demodulador” desensancha y demodula la señal recibida. Para esta tarea requiere el conocimiento de la secuencia código, el cual es proporcionado por el bloque “secuencia código”, que se encarga de recuperar ésta. La demodulación se lleva a cabo mediante un filtro adaptado (o receptor Rake , en el caso de canales con dispersión temporal).

Un sistema CDMA con receptor multiusuario, representado en la *Figura 2 (b)* se diferencia en la estructura del receptor, el cual, en vez de adaptarse a una señal deseada y considerar las demás como interferencia, realiza una demodulación conjunta de todas.

Espectro ensanchado.

Se conocen como sistemas de espectro ensanchado SS (Spread Spectrum) aquellos en los que el ancho de banda de las señales transmitidas es mucho mayor que el mismo necesario para transportar la información. En este proceso de ensanchamiento interviene una secuencia denominada código, secuencia de ensanchamiento o firma, que es independiente de la señal de información. Para recuperar esta última en el receptor es necesario conocer la secuencia código utilizada. El interés de los sistemas de espectro ensanchado reside en que a cambio de esa mayor ocupación espectral se consiguen importantes ventajas respecto a los sistemas convencionales.

El acceso CDMA se basa en la utilización de técnicas de SS. Las señales se transmiten simultáneamente en la misma frecuencia portadora, y pueden separarse en el receptor gracias a las propiedades derivadas del ensanchamiento espectral. Las ventajas del acceso CDMA en sistemas móviles celulares respecto a las técnicas clásicas FDMA o TDMA se derivan de la mejor adaptación de las señales de espectro ensanchado a este tipo de entornos.

Existen varios tipos de técnicas de espectro ensanchado, que dan lugar a otras variantes de CDMA:

- 1) Técnicas de saltos de frecuencia FH (Frequency Hopping) en las que la frecuencia de la portadora cambia con el tiempo según un patrón establecido.
- 2) Técnicas de saltos de tiempo TH (Time Hopping) en las que se varía el intervalo de transmisión dentro de una estructura de trama temporal.
- 3) Técnicas de secuencia directa DS (Direct Sequence) basadas en la multiplicación de la secuencia de bits original por una secuencia digital (chips) de velocidad mucho mayor.
- 4) Técnicas multiportadora MC (Multicarrier) en las que a partir de cada símbolo se genera un conjunto de chips, cada uno de los cuales modula una subportadora de frecuencia diferente.

La modalidad de secuencia directa es la más utilizada en sistemas de comunicaciones móviles CDMA, y constituye la base de los métodos de acceso WCDMA.

Ventajas de las técnicas de espectro ensanchado

Mediante las técnicas de espectro ensanchado se ocupa un ancho de banda mucho mayor que el estrictamente necesario, lo cual, en principio, no es deseable, dada la escasez del espectro radioeléctrico. El interés de los sistemas de espectro ensanchado reside en que a cambio de esa mayor ocupación espectral se logra una serie de ventajas respecto a los sistemas convencionales, las cuales se indican a continuación.

Reducción de la densidad espectral de potencia

Como consecuencia del proceso de ensanchamiento espectral, la potencia de la señal se distribuye en una banda mucho mayor que la ocupada por la señal original, lo cual hace que la densidad espectral de potencia disminuya como indica la *Figura 3*. Debido a esta reducción de densidad de potencia, un receptor no autorizado tendrá dificultad para detectar la presencia de la señal, pues ésta quedará enmascarada por el ruido de fondo. Mientras que una señal de banda estrecha se observa en un analizador de espectros como un pico a la frecuencia correspondiente, la señal de espectro ensanchado es mucho más difícil de detectar. El destinatario, en cambio, sí puede, con el conocimiento de la secuencia código, recuperar la señal. Esta propiedad de baja probabilidad de detección, LPI (Low Probability of Intercept) de las señales de espectro ensanchado confiere a este tipo de sistemas un elevado nivel de seguridad y privacidad.

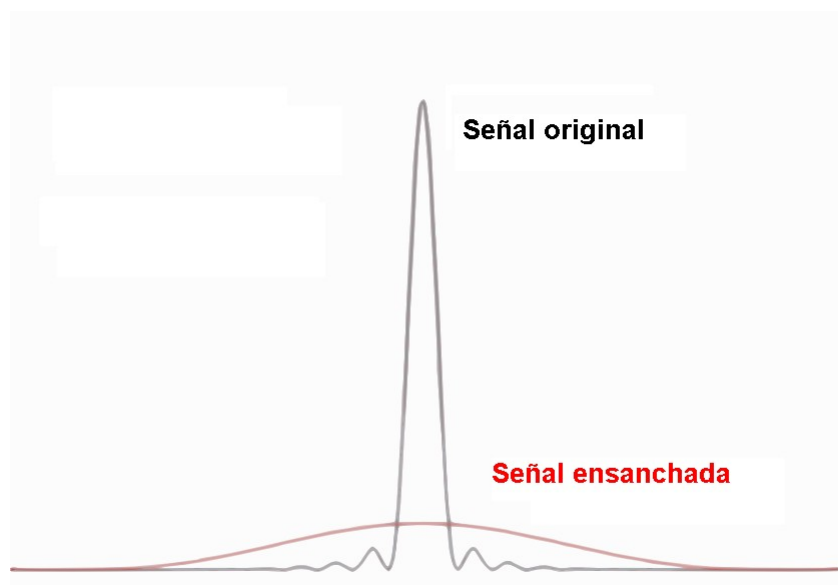


Figura 3 Densidades espectrales de potencia en espectro ensanchado

Privacidad

La señal de información sólo puede ser recuperada si se tiene conocimiento de la secuencia código. Esto dificulta las escuchas no intencionadas, lo que constituye una ventaja en este tipo de comunicaciones.

Protección frente a interferencias

En la *Figura 4* se muestran los espectros de potencia de las señales antes y después de la multiplicación. A continuación, la señal total es procesada por un filtro adaptado a la señal deseada desensanchada, cuyo efecto es rechazar la mayor parte de la interferencia, debido a que actúa para ésta como un filtro paso bajo (o un filtro paso banda si el filtrado se hace en frecuencia intermedia). Así se obtiene un grado de rechazo frente a la interferencia aproximadamente igual a la relación entre los anchos de banda antes y después de desensanchar, esto es, factor de ensanchamiento C . En realidad, el grado de rechazo depende de la secuencia código utilizada.



Figura 4 Rechazo a interferencias de banda estrecha

Las interferencias que recibe el sistema pueden ser accidentales o intencionadas. Debido a la protección frente a interferencias inherente a las señales de espectro ensanchado, estos sistemas son muy difíciles de perturbar, y por tanto muy seguros. Esta característica, junto con las de baja probabilidad de detección y privacidad, hizo que las primeras aplicaciones de este tipo de sistemas surgieran en el campo de las comunicaciones militares.

Resolución temporal y protección frente a multitrayecto

En los canales de propagación encontrados en sistemas de comunicaciones móviles aparece siempre el fenómeno del multitrayecto, según el cual la señal recibida es una superposición de réplicas de la señal transmitida con diferentes fases, amplitudes, retardos y desplazamientos Doppler. En sistemas convencionales estos ecos se combinan, a veces destructivamente, causando desvanecimientos muy profundos e interferencias entre símbolos. Pero si se utilizan señales con una resolución temporal suficientemente fina, pueden separarse y combinarse coherentemente las componentes debidas al multitrayecto, evitando estos problemas. Las señales de espectro ensanchado resultan especialmente indicadas para este fin.

1.4.2 Arquitectura de red UMTS

En la *Figura 5* se muestra la arquitectura básica de una red UMTS, comprendiendo sus tres partes fundamentales: los equipos del usuario (teléfono móvil, Pcmia, PDA's...), el núcleo de la red y la red de acceso.

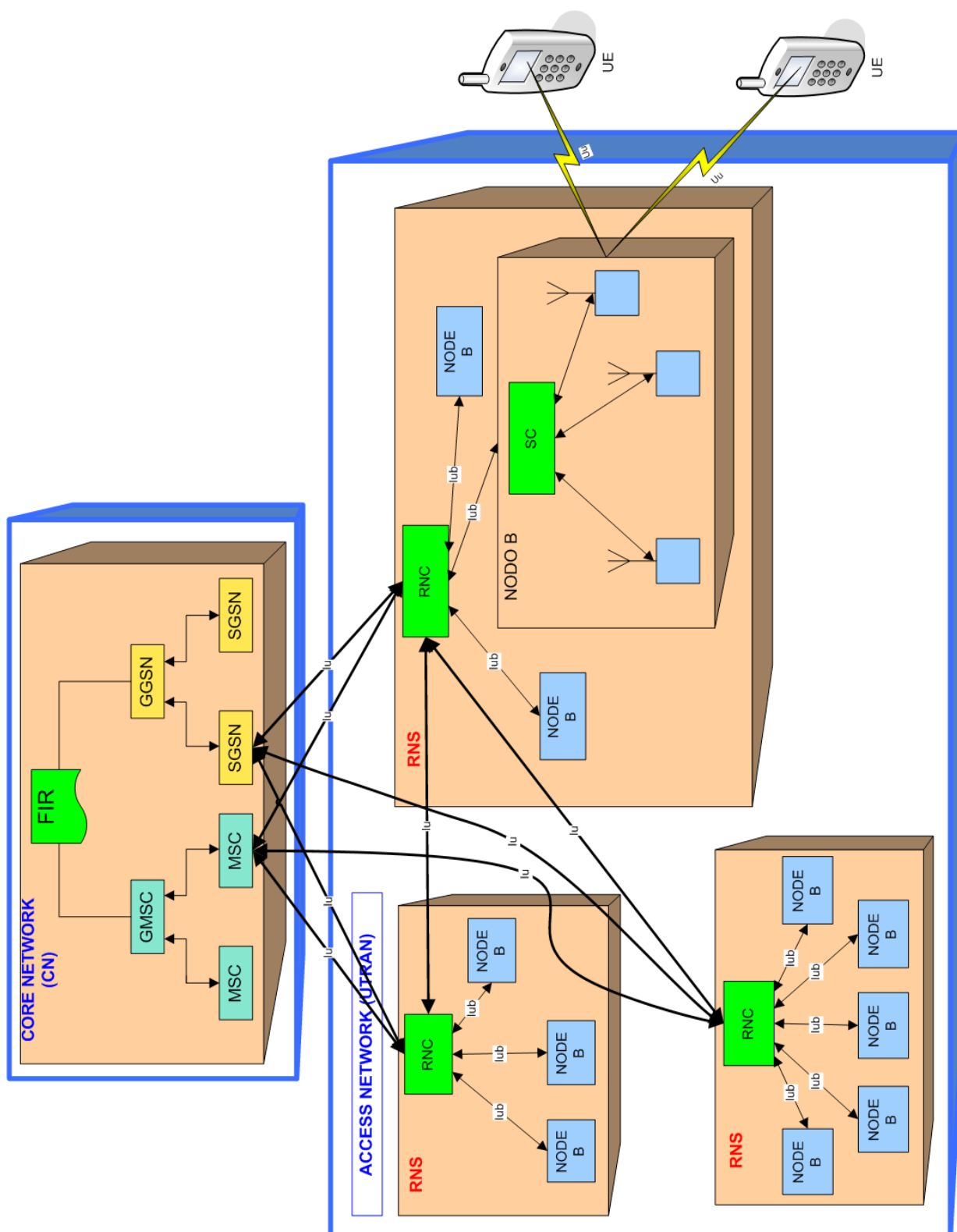


Figura 5 Arquitectura de red UMTS

1 INTRODUCCIÓN

Los equipos de usuario (Ue) se conectan a la red de acceso mediante el interfaz radio (Uu), basado en WCDMA.

El interfaz Iub es el encargado de comunicar los Nodos B con la RNC, tanto como para el transporte de tráfico para el usuario, como para el transporte de señalización.

Mediante la red de acceso se transporta todo el tráfico del usuario incluida la señalización del móvil a la red hasta el núcleo de red (Core Network) a través del interfaz Iu.

Llegados al núcleo de red encontramos los sistemas de conmutación y transmisión necesarios para poder implementar el transporte de la comunicación hasta el abonado remoto que puede formar parte de la red UMTS (llamada de voz o vídeollamada) o a otro tipo de red (RTC, Internet...)

La red de acceso UMTS está formada por uno o más subsistemas llamados RNS (Radio Network Subsystem). Cada RNS está a su vez constituido por un controlador RNC (Radio Network Controller) que es el responsable de la gestión de los recursos y por un determinado número de estaciones base (Nodo B) en función de los requisitos y la implementación del RNC.

Tal y como se puede comprobar en la *Figura 5*, con el interfaz Iur se pueden realizar los trasposos suaves de los servicios de usuario (Soft-Handover) si se diera el caso de tener que pasar la gestión de un controlador RNC a otro por el movimiento del usuario.

El RNC, mediante el interfaz Iu, se conecta al núcleo de red. Como el sistema UMTS funciona por conmutación de paquetes y conmutación de circuitos, necesitamos dentro del interfaz Iu dos interfaces más. La gestión de la conmutación de circuitos se implementa en el interfaz Iu-CS y la implementación de la conmutación de paquetes se realiza mediante el interfaz Iu-Ps.

Las principales funciones del RNC son:

- 1) Gestionar las portadoras de acceso por radio para el transporte de datos del usuario.
- 2) Gestionar y optimizar los recursos de la red por radio.
- 3) Controlar la movilidad.
- 4) Dar mantenimiento a los enlaces de radio.

En la *Figura 6* se muestra la arquitectura UTRAN, en la que pueden observarse los elementos que la componen y los interfaces definidos entre ellos.

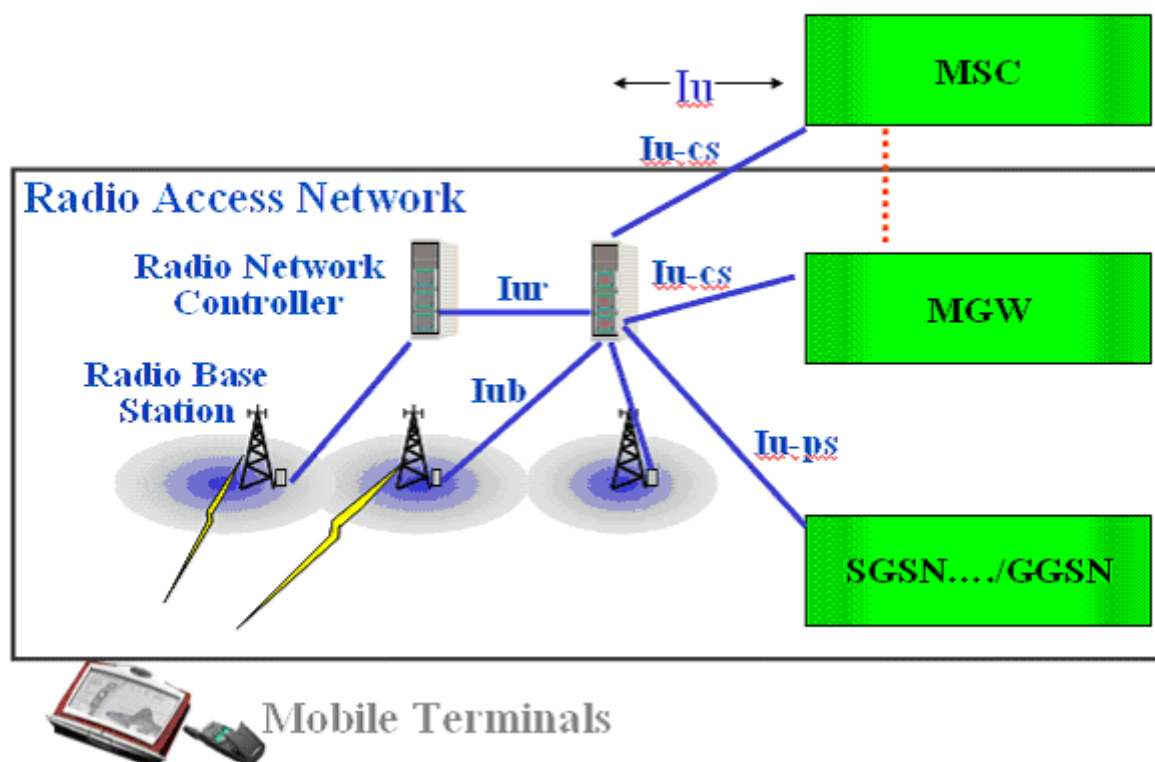


Figura 6 Arquitectura UTRAN

1.5 Organismos de estandarización (3GPP)

El organismo de estandarización del sistema UMTS es el 3GPP (Third Generation Partnership Project). Este organismo se creó en diciembre de 1998 para crear una definición del sistema UMTS a nivel mundial y así evitar la incompatibilidad sucedida en los anteriores sistemas de comunicación móvil como el sistema GSM.

En todo caso, este organismo no puede forzar la normalización de sus estándares a nivel mundial, es decir, la única función de este organismo es la de sugerir un estándar para evitar incompatibilidades y luchas económicas para que un sistema de un país o continente sea impuesto sobre otros.

Al final, los organismos normalizadores son los que tienen atribuciones legales para aprobar estándares y son organismos nacionales o supranacionales como el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) en Europa o ARIB (Association of Radio Industries and Bussines) en Japón.

1.6 Espectro IMT-2000 (International Mobile Telecommunication).

En la conferencia WRC-1992 de la ITU (International Telecommunication Union), se recomendó la reserva de 230MHz de espectro para IMT-2000 en las bandas 1885-2025MHz y 2110-2200MHz, que incluyen 1980-2010MHz y 2170-2200MHz para la componente de satélite.

Esta banda ha sido ampliamente utilizada en la concesión de licencias de tercera generación en Europa.

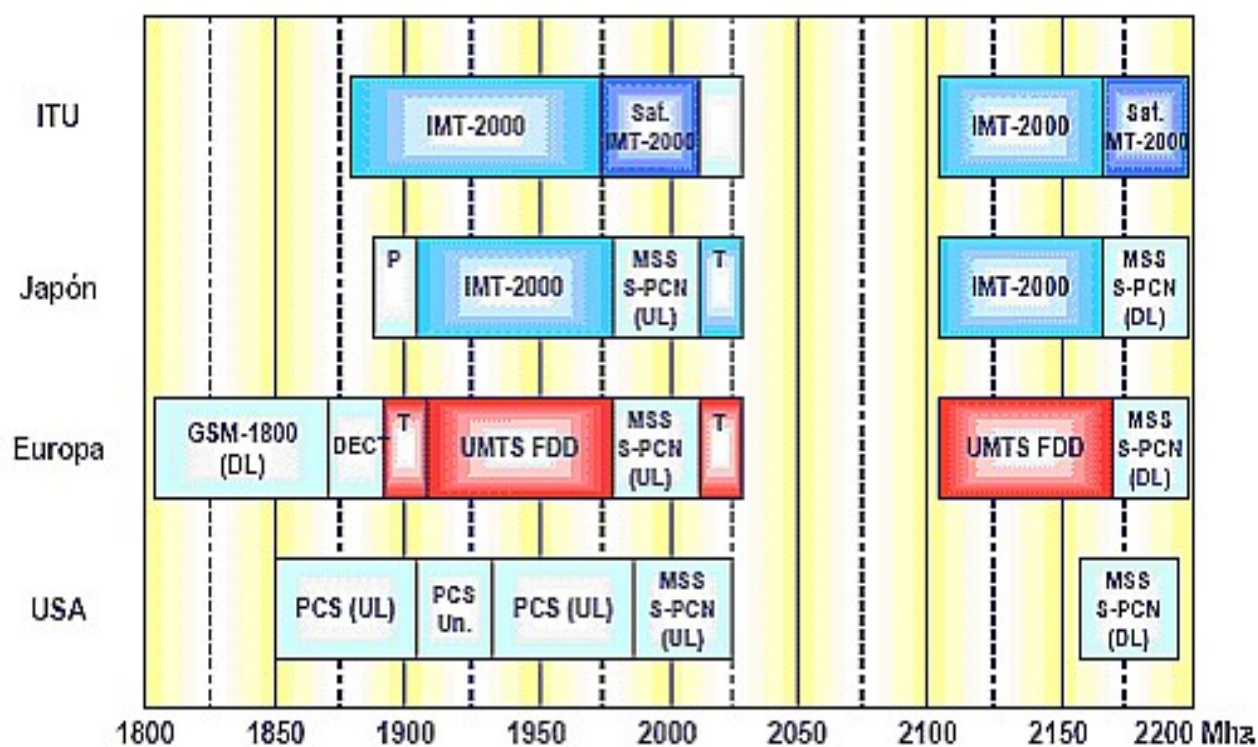


Figura 7 Espectro de IMT-2000

2 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE DISEÑO: EPSEVG

Antes de realizar el despliegue de una red hay que tomar una serie de decisiones estratégicas (despliegue de cobertura o capacidad, servicios a ofrecer,...).

Después se debe dimensionar la zona que se va a estudiar para posteriormente realizar un cálculo de cobertura radioeléctrica. Una vez realizados todos los estudios teóricos se deberán cumplimentar con equipos de transmisión para que se pueda conseguir cubrir toda la zona estudiada y finalmente integrar los nodos para que se puedan introducir en la red de la compañía específica, pueda recibir y generar llamadas, etc.

En el Campus Universitario de Vilanova i la Geltrú hay unos 1400 habitantes entre estudiantes y profesores y hay que cubrir varias zonas. Las zonas del Campus las podemos dividir en tres partes fundamentales:

- 1) El edificio antiguo (Edificio A)
- 2) El edificio nuevo (Edificio B)
- 3) La biblioteca del Campus

Suponiendo este estudio para una sola operadora podemos suponer que esta operadora dará servicio al 25% de los habitantes a estudiar, puesto que hay 4 operadoras funcionando en nuestro país.

De igual manera, hay que tener en cuenta que hay grupos de mañana y grupos de tarde.

Teniendo todos estos datos en cuenta, conseguimos la población para la cual debemos dimensionar la cobertura móvil UMTS.

$$1400hab / 4operadores = 350hab \text{ para dar cobertura en general.}$$

$$350hab / 2turnos = 175hab \text{ para dar cobertura en cada turno (mañana y tarde).}$$

$$175hab / 3zonas = 58,333 \approx 60 \text{ habitantes a cubrir en cada zona, en cada turno y por operadora.}$$

2.1 Datos generales

Al margen de los estudios que se tengan que realizar para dar cobertura al Campus, hay que tener en cuenta algunos datos que son tan importantes como los propios estudios.

A continuación se detallarán los siguientes datos, para las estaciones base utilizaremos un cable de la marca Andrew tipo 7/8" HELIAX LDP 7-75 con conectores Andrew LDF5-508 con unas pérdidas de 0,2dB en los conectores y 0,7 dB por cada 10 metros de cable.

Y después de realizar los estudios necesarios, también habrá que tener en cuenta las ganancias de las antenas según el modelo que se quiera instaurar y la potencia nominal del nodo B.

Por otro lado, las operadoras, a la hora de realizar un estudio de cobertura, tienen en cuenta la duración media de la llamada de voz y la duración media de la llamada de datos.

Si se realiza un estudio de cobertura para una zona urbana en general, las operadoras toman como dato aproximado para sus cálculos una duración media de llamada de voz de 3 minutos y una duración media de llamada de datos de 7 minutos.

En este proyecto se variarán un poco estos valores. Tomaremos 5 minutos para la llamada de voz y 15 minutos para las llamadas de datos. Tal y como se ha comentado en la introducción, en una facultad, la probabilidad de que los alumnos realicen llamadas de datos es más alta, ya que, o bien por distracción o bien por necesidad podrían considerar la idea de conectarse a Internet para comprobar su correo, enviar prácticas...

En definitiva, en la *Tabla 2* resumen los datos necesarios para realizar los cálculos para poder realizar el estudio de cobertura.

<i>Número de abonados UMTS</i>	<i>60</i>
<i>Número de abonados de voz (100%)</i>	<i>60</i>
<i>Número de abonados de CIRCUIT SWITCHING (50%)</i>	<i>30</i>
<i>Número de abonados de PACKET SWITCHING (20%)</i>	<i>12</i>
<i>Media de rate por usuario(kb/s)</i>	<i>64</i>
<i>Bloqueo</i>	<i>1%</i>
<i>BCHA voz(Erlangs)</i>	<i>0,42</i>
<i>BCHA video telefonía(Erlangs)</i>	<i>0,09</i>
<i>Duración media llamada de voz</i>	<i>5 min.</i>
<i>Duración media llamada de datos</i>	<i>15 min</i>

Tabla 2 Datos para el cálculo de la capacidad y tráfico según clientes

Donde:

BCHA son las tentativas de llamadas en hora cargada.

Rate es la velocidad media de transmisión por usuario.

2.2 Dimensionamiento del enlace ascendente(UPLINK)

Si se quisiera realizar un estudio de una zona urbana, tendríamos que analizar el enlace ascendente, las pérdidas de propagación por altura de edificios, distancias de las antenas a los teléfonos móviles, anchura de las calles, separaciones entre edificios y por la cobertura según el área del terreno.

Pero a la hora de dar cobertura a un centro cerrado, nos basta con el análisis del enlace ascendente para saber cuantos nodos hacen falta para cubrir dicha población. También, y como se verá más adelante, deberemos tener en cuenta las pérdidas por las paredes, los cables y las antenas.

En este apartado realizaremos un estudio sobre el dimensionamiento del enlace ascendente por el cual entendemos como enlace entre el terminal móvil y el propio nodo B.

De igual forma que en el apartado anterior, las operadoras móviles realizan los estudios para diferentes niveles de carga. Estos estudios se realizan para un 40, 50 y 60% de carga, donde la carga del enlace es la cantidad de tráfico que puede soportar a la vez un nodo.

Para que nos queden unas condiciones más estrictas, en este proyecto, se realizarán los estudios para un 60% de carga.

2.3 Dimensionamiento por capacidad del enlace ascendente al 60%

Teniendo en cuenta la *Tabla 2* mencionada anteriormente, realizaremos el análisis para voz y datos. Donde en datos tenemos que tener en cuenta que tenemos Circuit Switching (64 Kbits/s), que son las videoconferencias y Packet Switching (384Kbits/s), que es el envío de datos.

2.3.1 Llamadas de voz

Lo primero que debemos hacer es saber cuál es la cantidad de tráfico que generará cada usuario. En la *Tabla 2* tenemos que BCHA voz (Erlangs) es 0,42, donde BCHA son las tentativas de llamadas por hora cargada.

Además, por otra parte hemos definido el siguiente estudio sobre un tiempo estimado medio de llamada de voz de 5 minutos. Si multiplicamos este tiempo por hora cargada por el BCHA obtenemos las tentativas de llamada por usuario.

Es decir:

$$0,42E * \frac{5 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 35mE$$

Una vez tenemos el consumo de un usuario, tenemos que saber el número de canales soportados por nuestro enlace ascendente a una carga del 60%.

Para esto tenemos la siguiente fórmula:

$$M = Qc * Mpole$$

Donde M es el número de canales soportados.

Qc es la carga del enlace que en nuestro caso es del 60%.

Mpole es el valor máximo de usuarios que puede soportar nuestro enlace.

$$M = Qc * Mpole = 0,6 * 60 = 36 \text{canales}$$

Una vez tenemos los canales, tenemos que remitirnos al *Anexo 1* donde tenemos una tabla de Erlang-B. En esta tabla se asocian los canales con el bloqueo que recordemos que es del 1% según la *Tabla 2*.

Con n=36 y la probabilidad de pérdida de 0,01 tenemos 25,507E.

Al tener el tráfico que puede llegar a soportar nuestro enlace ascendente y haber calculado el

tráfico de voz por usuario, con una división conseguimos saber el número de abonados que puede soportar nuestro enlace por cada sector.

$$\frac{25,507}{35m} = 728,77 \text{ abonados}$$

Tal y como hemos deducido antes, tenemos un valor máximo teórico de 60 abonados por lo que está claro que por capacidad tenemos suficiente con un solo emplazamiento.

Después de este estudio también observamos otro resultado importante para nuestro análisis. Como los 728,77 abonados son por cada sector, si nuestro emplazamiento tuviera 3 sectores, nuestro enlace podría soportar hasta 2186 abonados.

De esta manera podemos empezar a limitar cual será el tipo de emplazamiento que se situará en cada zona del Campus de Vilanova.

2.3.2 Circuit Switching

De la misma forma que hemos calculado el tráfico máximo para las llamadas de voz, calcularemos el tráfico máximo para las videoconferencias teniendo en cuenta los valores de la *Tabla 2*.

El tráfico máximo por usuario será el BCHA video telefonía (Erlangs) de la *Tabla 2* por las tentativas de llamadas en hora cargada.

$$0,09E * \frac{15 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 22,5mE$$

Como las videoconferencias no son tan prioritarias como las llamadas de voz, a la hora de establecer el tráfico por abonados, no utilizaremos el tráfico máximo, sino que lo multiplicaremos por el factor de abonados.

Donde el factor de abonados es el cociente entre el número de abonados al servicio de videoconferencia y el número de abonados totales, es decir el 50%.

Por lo que el tráfico por abonado para videoconferencia será de 11,25mE.

2 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE DISEÑO: EPSEVG

Una vez tenemos el consumo de un usuario, tenemos que saber el número de canales soportados por nuestro enlace ascendente a una carga del 60%.

Para esto tenemos la siguiente fórmula:

$$M = Q_c * M_{pole}$$

Donde M es el número de canales soportados.

Q_c es la carga del enlace que en nuestro caso es del 60%.

M_{pole} es el valor máximo de usuarios que puede soportar nuestro enlace.

$$M = Q_c * M_{pole} = 0,6 * 16,22 = 9,732 \text{ canales}$$

Como en la tabla de Erlang-B no podemos elegir números con decimales, aproximamos al valor más restrictivo que en este caso 10.

Una vez tenemos los canales, tenemos que remitirnos al *Anexo 1* donde tenemos una tabla de Erlang-B. En esta tabla se asocian los canales con el bloqueo que recordemos que es del 1% según la *Tabla 2*.

Con $n=10$ y la probabilidad de pérdida de 0,01 tenemos 4,4612E.

Al tener el tráfico que puede llegar a soportar nuestro enlace ascendente y haber calculado el tráfico de voz por usuario, con una división conseguimos saber el número de abonados que puede soportar nuestro enlace por cada sector.

$$\frac{4,4612}{11,25m} = 396,55 \text{ abonados}$$

Tal y como hemos deducido antes, tenemos un valor máximo teórico de 30 abonados por lo que está claro que por capacidad tenemos suficiente con un solo emplazamiento.

Podemos comprobar que si no hubiéramos tenido en cuenta el factor por abonado, en este caso, el resultado también habría sido de un nodo, ya que nuestro enlace daría un soporte de 198,27 abonados para un total de 60 abonados.

2.3.3 Packet Switching

Para este apartado, se realizarán casi los mismos cálculos que en los dos apartados anteriores pero al revés. Además, viendo los resultados anteriores podemos realizar los cálculos con los valores máximos, sin tener en cuenta el 20% de abonados de Packet Switching de la *Tabla 2*.

Sigamos con la suposición del apartado de voz, donde hemos comprobado que con un único emplazamiento y por capacidad, en el que hemos demostrado que con un solo sector se podría dar la cobertura que necesitaríamos.

Entonces tenemos 60 abonados por el tráfico en hora cargada de cada abonado y tenemos:

$$60 * 22,5m = 1,35E$$

Donde 1,35E es el tráfico que soportará nuestro nodo con un sector en hora cargada.

Como se ha comentado en este mismo apartado, tomaremos este 1,35E como valor máximo en lugar de multiplicarlo por el factor de abonado.

Otra vez, utilizando el *Anexo 1* con la tabla de Erlang-B, con una probabilidad de pérdida de un 1% obtenemos 5 canales para conseguir el tráfico soportado por el nodo.

Con este tráfico en hora cargada hay que tener en cuenta el bloqueo del 1%, por lo que:

$$1,35 * (1 - 0,01) = 1,3365E$$

Una vez tenemos el tráfico, calculamos la carga Q_c :

$$Q_c = \frac{M}{M_{pole}} = \frac{5}{16,22} = 0,3$$

Con la carga del enlace y la carga máxima a la que vamos a someter nuestro enlace, conseguimos la carga real.

$$\text{Carga real} = 0,6 - 0,3 = 0,30 \Rightarrow 30\%$$

2 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE DISEÑO: EPSEVG

Con estos valores, hay que calcular el número máximo de canales para datos, y con los siguientes datos:

Constante típica para Packet Switching: 0,7

Carga real: 0,3

Número de canales teóricos: 5

$$Mdata = 0,7 * 0,3 * 5 = 1,05 \text{ canales}$$

Para finalizar, calculamos el tráfico teórico de nuestro enlace. Para este cálculo hay que tener en cuenta que cada canal puede soportar 64Kbits/s y como sabemos todos, 1Byte son 8 bits y 1KByte son 1024 Byte.

$$\frac{1,05 * 64000 * 3600}{8 * 1024} = 29531,25 \text{ KByte} / h$$

Una vez tenemos el tráfico teórico, tenemos que compararlo con el práctico, y si el primero es mayor que el segundo, significa que por capacidad, también podemos utilizar un solo nodo con un solo sector.

A la hora de calcular el tráfico práctico, las operadoras calculan un consumo de 40KByte/h por abonado, por 60 abonados, tenemos 2400KByte/h que es claramente inferior al tráfico teórico estudiado con anterioridad.

2.4 Conclusiones

Después de realizar todos los cálculos, tenemos la siguiente tabla resumiendo los resultados:

	Llamadas de Voz	Circuit Switching	Packet Switching
Tráfico teórico	728 abonados	198 abonados	29531KB/h
Tráfico práctico	60 abonados	60 abonados	2400KB/h

Tabla 3 Resultados obtenidos en el Apartado 2

La conclusión más destacable que queda reflejada en este apartado es que con un solo nodo y

con un solo sector podemos dar cobertura a toda la zona que vamos a estudiar por capacidad.

Como la zona reflejada a estudio es un centro cerrado es bastante acertado pensar que el nodo que se impondrá al resto es una “micro”. Este tipo de nodos se instalan en centros cerrados como hoteles, parkings e incluso universidades debido a que tienen un solo sector que se puede ir ramificando para poder instalar antenas en diferentes puntos evitando así las pérdidas por paredes y muros.

Además, debido a que los nodos de UMTS se basan en la “respiración celular”, es decir, el radio celular no está limitado por geometría o propagación (hasta un punto) sino fundamentalmente por la capacidad, con este tipo de nodo nos aseguramos de que el radio sea mínimo.

Para entenderlo mejor, a mayor carga sobre el nodo, menos radio de cobertura puede ofrecer y viceversa, ya que cuanto más potencia tenga que dar para ofrecer cobertura a un abonado que se encuentra alejado, menor será la carga de llamadas que podrá atender.

3 ELECCIÓN DEL TIPO DE NODO B.

Tal y como se ha concluido en el apartado anterior, con un nodo B de un solo sector se podría dar cobertura por capacidad a cada centro.

Para dar cobertura a edificios cerrados, la empresa Ericsson tiene un modelo especialmente diseñado. Este modelo es el RBS3303.

Sus características generales son las siguientes:

- 1) Se usa para dar cobertura a radios inferiores a 50 metros.
- 2) Se instala en entornos residenciales e interiores de oficinas.
- 3) La zona cubierta depende de la estructura del edificio y los materiales empleados.

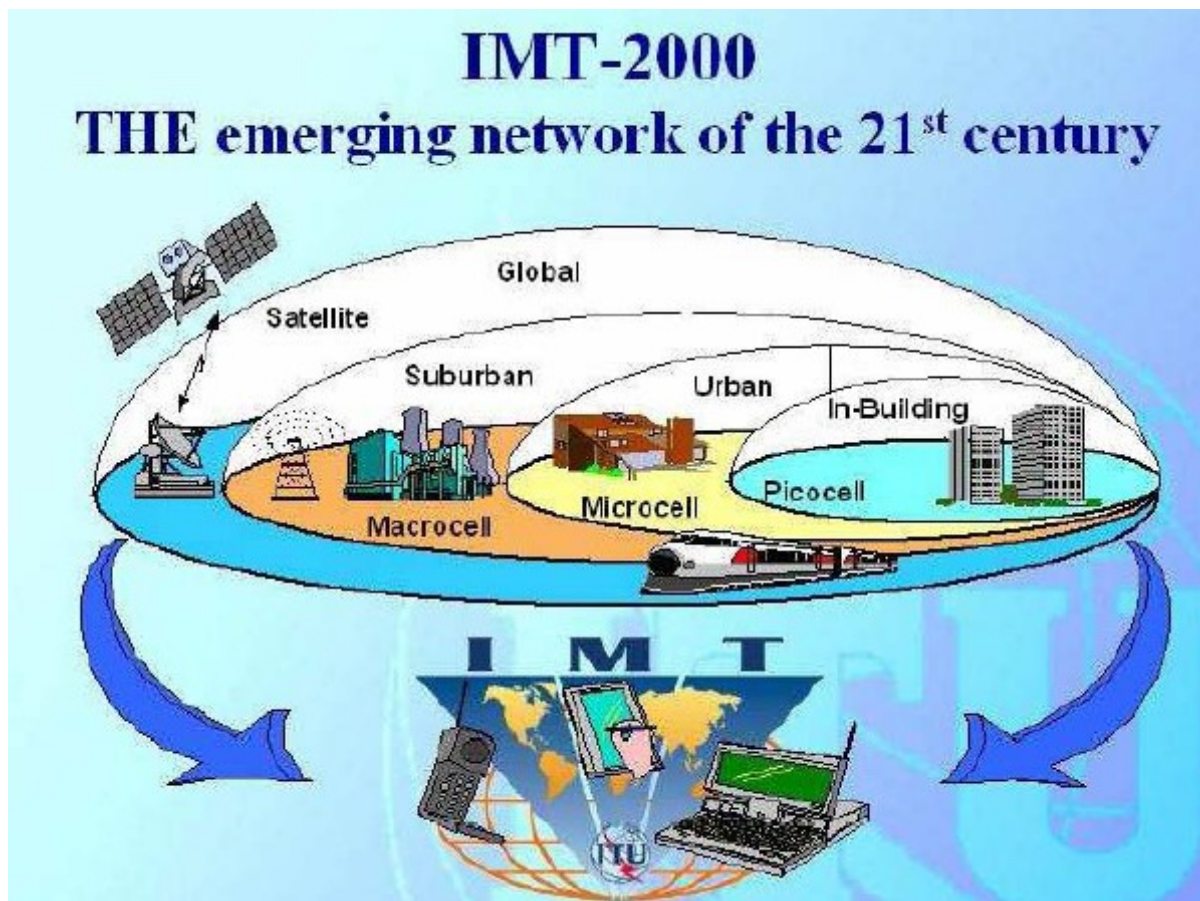


Figura 8 Estructura jerárquica

3 ELECCIÓN DEL TIPO DE NODO B.

En la figura 8 tenemos un ejemplo de estructura jerárquica con los tipos de celdas y para que se pueden utilizar. Lógicamente, para cada tipo de estructura tenemos un modelo diferente de nodo. Por ejemplo, para una macrocelda tenemos un nodo que no permite la conexión de demasiados usuarios pero transmite a una potencia suficiente para dar cobertura a unos 50km de radio.

Nuestra necesidad ahora es la de implementar nuestro nodo B con las diferentes tarjetas que nos ofrece Ericsson para poder ofrecer los servicios necesarios a nuestros abonados.

3.1 RBS3303

La RBS3303 es un nodo pequeño que consume poca potencia, es silenciosa y puede ser outdoor o indoor. Todas las unidades en el cabinet son fácilmente accesibles desde el frontal del nodo y se puede instalar en una pared.

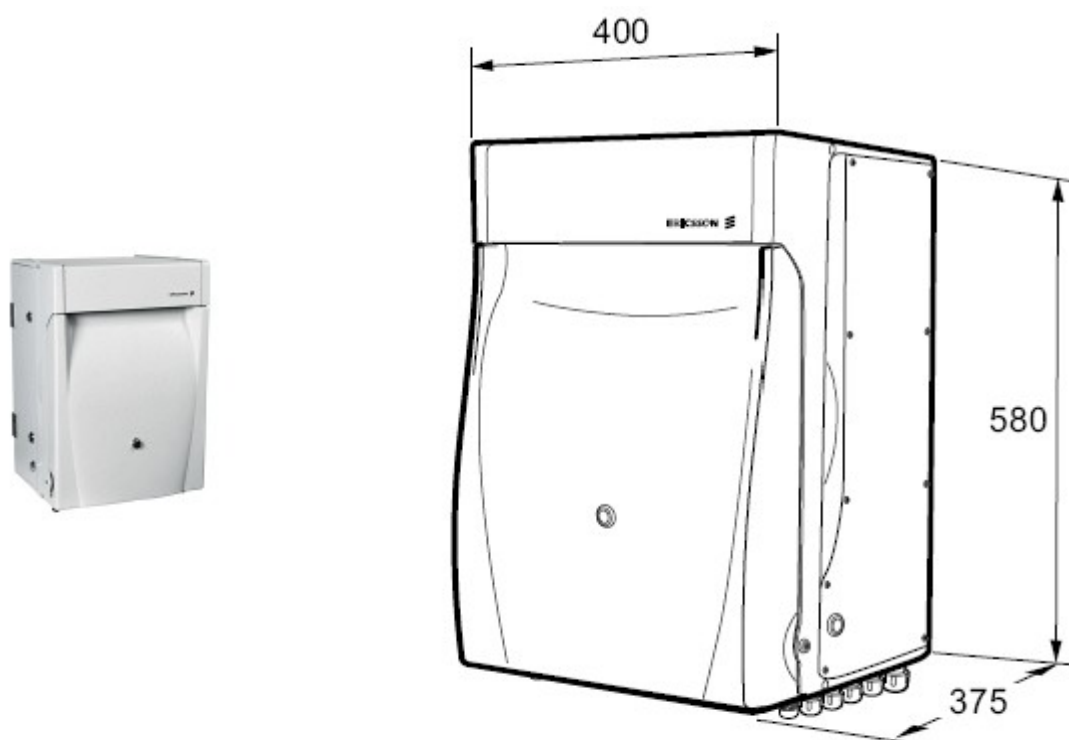


Figura 9 RBS3303 (datos expresados en mm)

Las características más importantes de la RBS3303 son las siguientes:

- 1) Una RBS completa en un solo cabinet.

- 2) Potencia de salida ajustable mediante Sw a 5 o 20W.
- 3) Permite un único sector.
- 4) Soporta HSDPA (según la tarjeta RAX).
- 5) Soporta tensiones en AC y DC (-48 v).
- 6) Soporta backup de baterías opcional.
- 7) Soporta interfaces de transmisión eléctrica y óptica.
- 8) Soporta controles de alarmas externos.

Una vez tenemos claro el tipo de nodo que vamos a instalar, expondremos las diferentes tarjetas que se pueden elegir para implementar nuestro nodo, así como las utilidades de cada tarjeta. Para ello, primero debemos tener en cuenta que el nodo se divide en tres subapartados dependiendo de las funciones que tengan las tarjetas. Estos apartados se detallan a continuación:

3.1.1 Equipamiento Banda Base

En el equipamiento en banda base tenemos las tarjetas encargadas de modular/demodular la señal portadora. Para ello tenemos dos tipos de tarjetas, la RAXB y la TXB que aunque se explicarán con más detalle a continuación, ahora diremos que una se encarga de la señal de transmisión y la otra para la recepción.

RAXB (Baseband Receiver Board):

Esta tarjeta se divide en tres unidades funcionales claramente diferenciadas:

- 1) Demodulador (DEM): Contiene la funcionalidad del receptor RAKE, la estimación de canal y el MRC (maximum ratio combining).
- 2) Random Access (RA): Detector de accesos.
- 3) Decodificador (DEC): Realiza las funciones de de-interleaving y decodificado.

Esta tarjeta proporciona los “channel elements” que son los que a su vez proporcionan los RAB’s o servicios de usuarios. Cada tipo de servicio utiliza un número distinto de channel elements.

La redundancia se consigue porque las tarjetas reparten la carga entre ellas, aunque si un servicio en concreto está configurado sólo en una de ellas, si esta tarjeta queda no operativa, el servicio también quedará no disponible.

3 ELECCIÓN DEL TIPO DE NODO B.

RAX Board	RAX R1	RAX R2
Number of CEs (1)License keys	16	32 64(1) 128(1)
HSDPA functionality	No	Yes

Tabla 4 Detalles técnicos para RX

En esta tabla se puede comprobar que tenemos dos tipos de tarjetas para elegir. La elección más acertada es la RAX R2 simplemente porque acepta HSDPA.

Al margen del HSDPA, se deben tener en cuenta los CE's (Channel Element). La definición de los CE's podría ser la capacidad del equipo HW mínima necesaria para procesar una llamada de voz de 12,2kbps. Por tanto, 1CE podría equivaler a 12,2kbps.

El SF (Spreading Factor) es la longitud del código.

SF	CE	SERVICIO
128	1	AMR4,75 AMR5,9
64	1	AMR7,95 AMR12,2
32	2	CS32 PS32 PS8
16	4	CS57 CS64 CS64+PS8 PS64 AMR12,2+PS64 (37 – 71Kbps)
8	8	PS128 (71 – 155Kbps)
4	16	PS384 (155 – 711Kbps)
2 x 4	32	HSUPA (711 – 1448Kbps)

Tabla 5 Channel elements para RX

Partimos de la base de que con HSDPA se pueden llegar a velocidades de bajada de 14Mbps siempre y cuando el móvil, la pcmcia, la pda... soporte estas velocidades y siempre y cuando se tenga un mínimo de subida. Este mínimo es siempre un 10% de la velocidad máxima de subida, por lo que tal y como se puede comprobar en el apartado anterior, la velocidad máxima de subida es de 1448Kbps.

A partir de aquí podemos empezar a sacar conclusiones. Si hacemos una comparativa con las dos tablas de este apartado, podemos comprobar que si un abonado se conecta con una velocidad de subida de 1,4Mbps ocupará 32 CE, y en la tabla de la RAX R2 vemos que el valor de serie es de 32 CE. Por tanto, tendremos que adquirir licencias para poder ampliar esta tarjeta a 64 o 128 CE. También se podría instalar otra tarjeta, recordemos que se pueden instalar hasta 3 RAX en el modelo con CBU.

Como ejemplo, podríamos suponer que hay 4 abonados conectados por HSDPA. Tal y como se explicará más adelante en el siguiente apartado, para darles una calidad de subida acorde a la bajada, tendríamos que ocupar 32 CE por cada abonado, dando un total de 128 CE.

Si por otra parte, no queremos comprar otra tarjeta, los abonados podrán bajar a velocidades elevadas siempre y cuando no haya mucho tráfico de abonados.

TXB (Baseband Transmitter Board):

Realiza las funciones de codificación de canal y modulación en Downlink. La redundancia, que es opcional, se conseguiría porque todas las TXB reparten la carga.

Tal y como se puede comprobar en la siguiente tabla de características técnicas de la tarjeta TX, tenemos 6 modelos diferentes para poder elegir, en función de los CE.

TX Board	TX R1 TX R2	TX6-01	TX6-02	TX6-03	TX6HS-03	TX6HS-04
Maximum DCH (Dedicated Channel) capacity (CE).	228	64	128	256	128	384
Maximum HSDPA capacity (HS codes for each cell carrier)	n/a	n/a	n/a	n/a	15	15
Maximum number of HS users for each cell carrier	n/a	n/a	n/a	n/a	32	32

Tabla 6 Detalles técnicos para TX

3 ELECCIÓN DEL TIPO DE NODO B.

SF	CE	SERVICIO
256	1	AMR4,75 AMR5,9
128	1	AMR7,95 AMR12,2
32	2	CS57 CS64 CS64+PS8 PS64 AMR12,2+PS64 (37 – 71Kbps)
16	4	PS128 (71 – 155Kbps)
8	8	PS384 (155 – 711Kbps)
x	x	711Kbps<HSDPA<14480Kbps

Tabla 7 Channel elements para TX

Igual que en el apartado de la RAX, a la hora de elegir tenemos que elegir entre las dos únicas tarjetas que soportan HSDPA. Entonces, ya podemos descartar todas menos las TX6HS. Entre las dos TX6HS la única diferencia que hay son los CE (única y casi más importante).

Antes de elegir, hay que tener en cuenta que a diferencia de la RAX, en la TX tenemos canales directos de HSDPA. Esto significa que a partir de 711Kbps de bajada, ocupamos un canal de los 15 canales de HSDPA que permite la TX y la velocidad de bajada será de unos 1,8Mbps. Es decir, podríamos tener 15 abonados bajando a velocidad media de 1,8Mbps sin ocupar ningún CE y 32 abonados a una velocidad máxima de 711Kbps.

Una vez diferenciados los canales de HSDPA y los CE, podemos concluir que con una TX6HS-03 tendríamos suficiente para dar cobertura con un nivel medio de bajada bastante aceptable, ya que además de los 15 canales de HSDPA tenemos 128 CE para repartir entre llamadas de voz, vídeollamadas y conexiones a una velocidad media de 384Kbps.

Después de la comparativa entre la TX y la RAX entendemos porque se pueden incrementar de una a tres las tarjetas de recepción y porque la de transmisión como máximo será de dos.

3.1.2 Equipamiento Radio

En el equipamiento radio se implementa la señal de salida para que ésta pueda ir ya a las antenas. En un nodo completo con 3 sectores para dar cobertura a espacios abiertos hay más tarjetas que dependen de este equipamiento, pero para nuestro caso, únicamente tenemos una tarjeta que hace todas las funciones, ya que no necesitamos amplificadores potentes para nuestra señal de salida.

sTRXB (Single Carrier Transceiver Board):

Realiza todas las funciones para el manejo de la señal:

- 1) Conversión D/A – A/D
- 2) Modulación/demodulación para transmisión.
- 3) Filtrado para recepción.

Hay una tarjeta de este tipo para cada portadora del nodo.

Dummy Board:

Como el HW es estándar por el fabricante, cada distribuidor tiene que suplir las tarjetas que no va a utilizar, ya que todos los slots tienen que tener que estar conectados por backplane para que se pueda distribuir toda la señal de alimentación entre todos los elementos del rack.

3.1.3 Equipamiento de control y switching

En el equipamiento de control y switching tenemos las tarjetas controladoras, la memoria, la tarjeta que proporciona el sincronismo y algunas funciones más. En la actualidad, Ericsson tiene dos tipos de RBS3303, la antigua y la nueva. Para empezar, es necesario explicar cual era el formato antiguo de la RBS3303 y cual es el nuevo, ya que aunque nos quedaremos con el formato nuevo, por fiabilidad y por características técnicas, con el antiguo se pueden entender mejor cuales son los diferentes estados en una RBS3303.

RBS3303 antigua

Tal y como se puede apreciar si se comparan las tablas de la RBS antigua y la nueva que hay más adelante, podemos comprobar que la TX, la RAX y la sTRX están implementadas en las dos y la diferencia que hay es que la CBU de la RBS nueva tiene una tarjeta llamada CBU que implementa a la ET-MC1, GPB, SCB y TUB de la RBS antigua. Con esta premisa, definiremos primero todas las tarjetas por separado de la RBS antigua para poder entender mejor las funciones del equipamiento de control y switching y después propondremos la RBS nueva como

3 ELECCIÓN DEL TIPO DE NODO B.

modelo a utilizar en nuestra instalación.

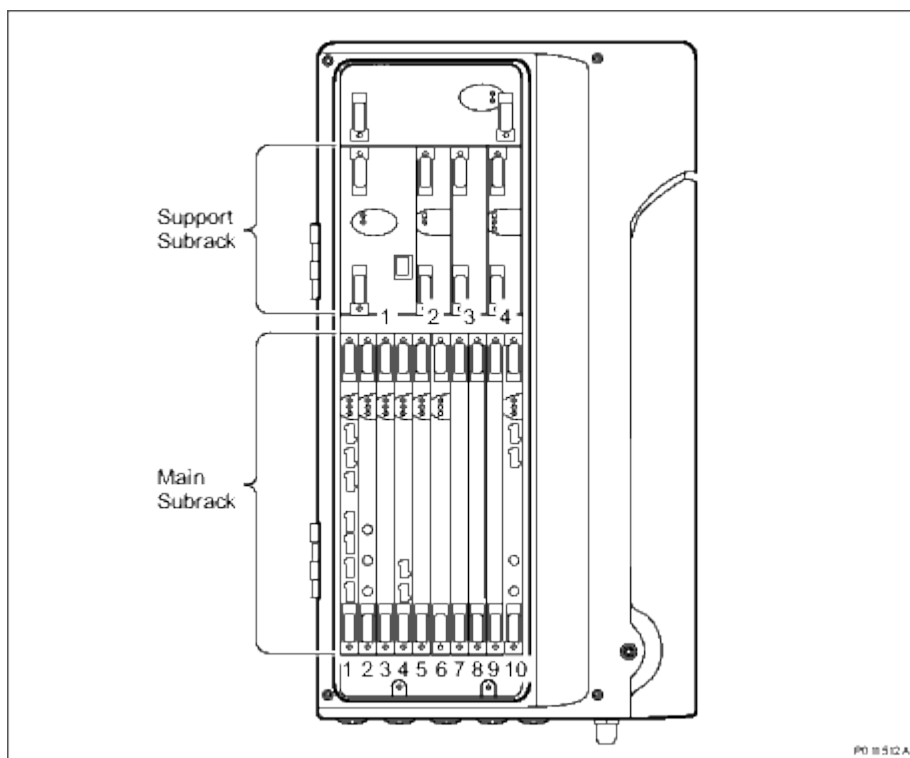


Figure 10 RBS 3303 GPB-based Hardware Units

Slot Pos.	HW Unit	No. of Units
1	SCB	1
2	TUB	1
3	ET-MC1 board	1
	ET-M4 board	
4	GPB	1
5	TX board	1
6-7	RAX board	1-2
8	RAX board	0-1
	ET-MC1 board	
9	Dummy board	1
10	sTRX board	1

Tabla 8 RBS 3303 GPB-based Main Subrack Hardware Units

SCB (Switch Control Board):

Contiene el multiplexor ATM y es el interfaz hacia otras tarjetas del rack a través del backplane. También filtra y distribuye la señal de alimentación entre todos los elementos del rack.

TUB (Timing Unit Board):

Estas tarjetas estabilizan la señal de reloj que se reciben desde las ETB's. También genera el resto de señales de reloj que se distribuirán entre el resto de la RBS.

GPB (General purpose Processor Board):

Es el procesador principal que controla el nodo B. Ejecuta la mayor parte de funciones de control en la RBS y controla las tarjetas mediante los procesadores de tarjetas (BP's). Además en esta tarjeta está situada la memoria flash donde se graba el software necesario para el correcto funcionamiento del nodo.

ETB (Exchange Terminal Board):

Es el interfaz físico con las líneas de transmisión. El número de ETB's es variable y puede ser configurado para diferentes estándares y velocidades de transmisión. Puede haber más de una tarjeta si lo que se quiere conseguir es que la RBS sea utilizada como hub en una configuración estrella.

Hay diferentes tipos de ETB que detallaremos a continuación:

- 1) ET-M1: Tarjeta de 8 puertos, con un interfaz de 1,5 y 2Mbits/s en ATM.
- 2) ET-MC1: Tarjeta de 8 puertos, con un interfaz de 1,5 y 2Mbits/s en ATM. Lo más importante de esta tarjeta es que soporta el grupo IMA para HSDPA.
- 3) ET-M4: Tarjeta de 2 puertos ópticos STM1 (155Mbits/s)
- 4) ET-MC41: Tarjeta de un puerto óptico STM1 que además soporta grupo IMA.

En este momento, debemos explicar otro concepto que es el grupo IMA. El multiplexado inverso para ATM, más conocido por sus siglas IMA (del inglés Inverse Multiplexing for ATM), es una tecnología usada para transportar tráfico ATM sobre un conjunto de líneas E1, al que se da el nombre de grupo IMA (en inglés IMA group). Esta tecnología permite un incremento gradual de la capacidad de transporte de tráfico, en aquellos casos en que usar una línea de alta capacidad (usando fibra óptica, por ejemplo) no es posible. Un grupo IMA puede estar constituido por un máximo de 32 cables, lo que permite un ancho de banda máximo de aproximadamente 64Mbps.

3 ELECCIÓN DEL TIPO DE NODO B.

RBS3303 nueva

CBU (Control Basic Unit):

Si comparamos la RBS3303 antigua con la nueva, comprobamos que donde antes estaban las tarjetas ETB, TUB, SCB y CBU, ahora tenemos la CBU.

Por tanto la CBU implementa todos los aspectos de las otras tarjetas. A la CBU le llega la trama de la RNC con los VC (Virtual Channel) de sincronismo, señalización y tráfico.

También incluye un módulo de TU (Timing Unit) que recoge los 2MHz de la señal de 2Mbps y genera varios sincronismos internos para las diferentes tarjetas.

Además es la controladora de la RBS, contiene todo el Sw y el sistema operativo, contiene los drivers de las tarjetas, gestiona las alarmas y hace de interfaz hombre-máquina.

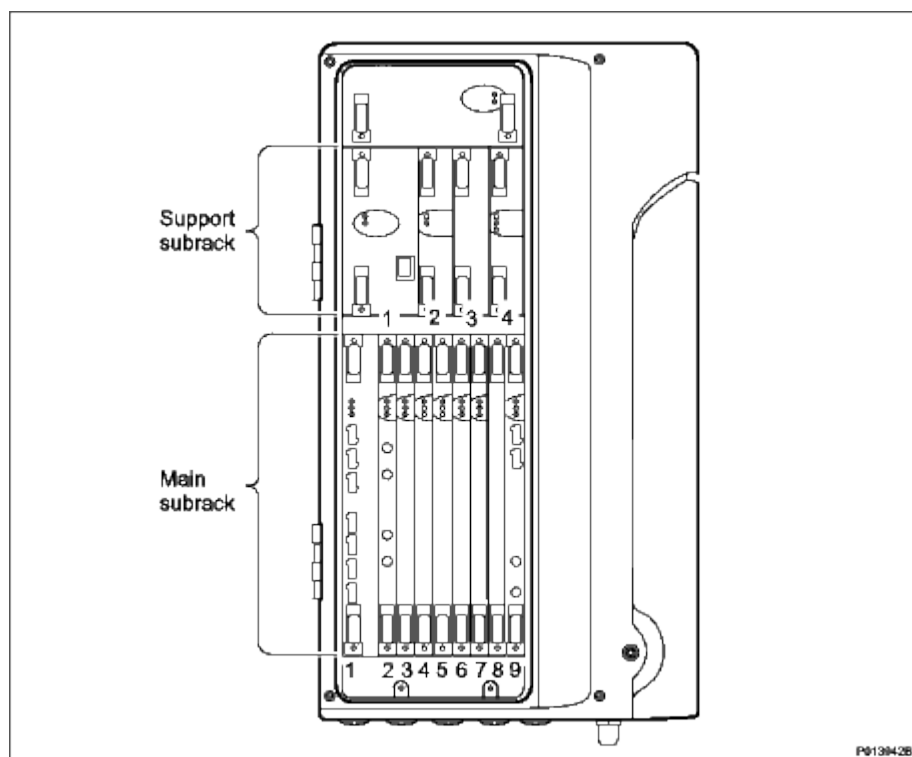


Figura 11 RBS 3303 CBU-based Hardware Units

Slot Position	HW Unit	No. of Units
1	CBU	1
2	ET-M3 board	0-1
	ET-M4 board	
3-4-5	RAX board	1-3
6-7	TX board	1-2
8	Dummy board	1
9	STRX board	1

Tabla 9 RBS 3303 CBU-based Main Subrack Hardware Units

Como se puede comprobar en el equipo con CBU y el que tiene la GPB, con el modelo de CBU se pueden implementar más tarjetas RAX y TX. Estas dos tarjetas, recordemos, son las responsables del tráfico que puede aceptar un nodo con respecto a los abonados. Por esta razón, se implantará el subrack con CBU, ya que se pueden ampliar las tarjetas RAX y TX si en un momento dado se necesita más capacidad de abonados.

3.2 Conclusiones

Estudiadas todas las tarjetas y las necesidades para dar cobertura a los abonados, nuestro nodo RBS3303 quedará implementado de la siguiente forma:

Slot Position	HW Unit	Nº of Units
1	CBU	1
2	Dummy board	1
3	RAX R2	1-3
4	RAX R2	
5	Dummy board	
6	TX 6 HS-03	1-2
7	Dummy board	
8	Dummy board	1
9	STRX board	1

Tabla 10 Conclusiones del Nodo B

3 ELECCIÓN DEL TIPO DE NODO B.

Como se ha explicado durante este capítulo, con la CBU tenemos tres slots libres y por tanto podemos ampliar tarjetas según necesidades. Recordemos que la TX6HS-03 tiene suficientes “channel elements” y 15 canales de HSDPA y por tanto, para nuestros abonados tenemos suficiente. Pero en un momento, se puede ampliar nuestro nodo y ponerle otra TX.

Sin embargo, a la hora de implementar las RAX, probablemente con una sola RAX no haya suficiente. Recordemos que la RAX con licencias tiene 128 CE, y que para cubrir las necesidades del HSUPA, se necesitan 32 CE. Por lo que con una única tarjeta tendríamos 4 abonados conectados consumiendo recursos de HSUPA y ningún abonado podrá realizar llamadas.

En definitiva, lo más adecuado sería instalar dos tarjetas RAX R2 y una única TX6HS-03 y así podríamos ofrecer todos los servicios necesarios a nuestros abonados.

4 ESTUDIO Y POSICIONAMIENTO DE LAS ANTENAS

Como se ha explicado anteriormente, vamos a dar cobertura a tres edificios. El primer edificio es el edificio A o edificio antiguo, el segundo edificio es la biblioteca y el tercero es el edificio B. En este momento del proyecto hay que tener en cuenta algunos aspectos personales de la facultad.

El aspecto más importante a tener en cuenta es que tanto en el edificio A como en la biblioteca hay cobertura Wifi para todos los estudiantes de la UPC. Éste, aunque no lo parezca, es un aspecto importante, ya que posiblemente un alumno no requiera de los servicios de su proveedor móvil para conectarse a Internet con el ordenador, puesto que la facultad le ofrece este servicio a 54Mbps. Pese a todo, sí que puede requerir de los servicios de su proveedor móvil si se quiere conectar con el móvil o Blackberry ya que no se ha llevado el ordenador ese día o si quiere hacer una llamada de voz. Por tanto, aunque el proveedor de telefonía móvil podría no tener en cuenta que en dos edificios, cercanos el uno del otro, los alumnos tienen cobertura Wifi, nosotros para este proyecto sí.

Teniendo este aspecto en cuenta, incluso, conseguiremos abaratar los costes de la instalación. La solución más efectiva será la siguiente:

- 1) Partimos de la base de que aunque haya Wifi en el *Edificio A*, sigue siendo necesario instalar un nodo para dar cobertura a todos los puntos de dicho edificio.
- 2) Por otra parte, también tenemos en cuenta, que la biblioteca del Campus de Vilanova no restringe el paso a estudiantes o personas que no sean del Campus.
- 3) Teniendo en cuenta estas dos premisas, la conclusión será poner una RBS3303 tal y como se ha analizado en el capítulo anterior en el *Edificio A* para dar cobertura de llamadas, videoconferencias y alguna conexión esporádica de descarga de paquetes y un repetidor en la biblioteca.

Para ello, se implantará una antena de panel unidireccional en el tejado del *Edificio A* para que le llegue la cobertura al repetidor que colocaremos en la biblioteca. De esta manera, nos ahorramos colocar una RBS3303 en la biblioteca, ya que además del Wifi, hay que tener en cuenta que en una biblioteca no se debería hablar por teléfono y una RBS en la biblioteca sería un poco excesivo.

Recordemos también los datos técnicos del *Capítulo 2* sobre el cableado: un cable de la marca Andrew tipo 7/8" HELIAX FSJ4-50B con conectores Andrew LDF5-508 con unas pérdidas de 0,2dB en los conectores y 18,1 dB por cada 100metros de cable a 2100Mhz.

También hay que tener en cuenta las especificaciones técnicas de las antenas y las características

4 ESTUDIO Y POSICIONAMIENTO DE LAS ANTENAS

técnicas de los acopladores y divisores.

Antena Omnidireccional Indoor:

Type No.	741 573
Frequency range	1710 – 2500 MHz
VSWR	1710 – 1880 MHz: < 1.6 1880 – 1990 MHz: < 1.6 1990 – 2170 MHz: < 1.6 2170 – 2500 MHz: < 2.0
Input	1 x N female
Gain	2 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	Vertical
Max. power (per band)	50 W (at 50 °C ambient temperature)
Weight	150 g
Diameter	100 mm
Height	50 mm (without connector)

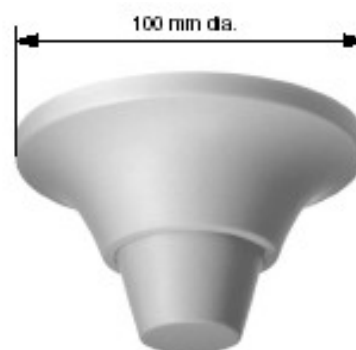


Figura 12 Antena Omnidireccional Indoor

Podemos comprobar en este resumen del datasheet que la ganancia es 2dBi. Este tipo de antena, como su propio nombre indica, es omnidireccional, es decir, ofrece una cobertura en forma de circunferencia, y es ideal para colocar en el centro de salones.

Antena de Panel Indoor:

Electrical Properties	
Frequency range	1710 - 2170 MHz
Impedance	50 Ω
VSWR	1.8
Polarization	linear, vertical
Gain	8.0 dBi
3 dB beamwidth horizontal	80°
3 dB beamwidth vertical	75°
Downtilt	0°
Front to back ratio	18 dB
Max. power	75 W [CW] at 25°C



Figura 13 Antena de Panel Indoor

En el datasheet de la antena de panel comprobamos que tiene una ganancia de 8dBi. A continuación comprobamos cual es el tipo de cobertura.

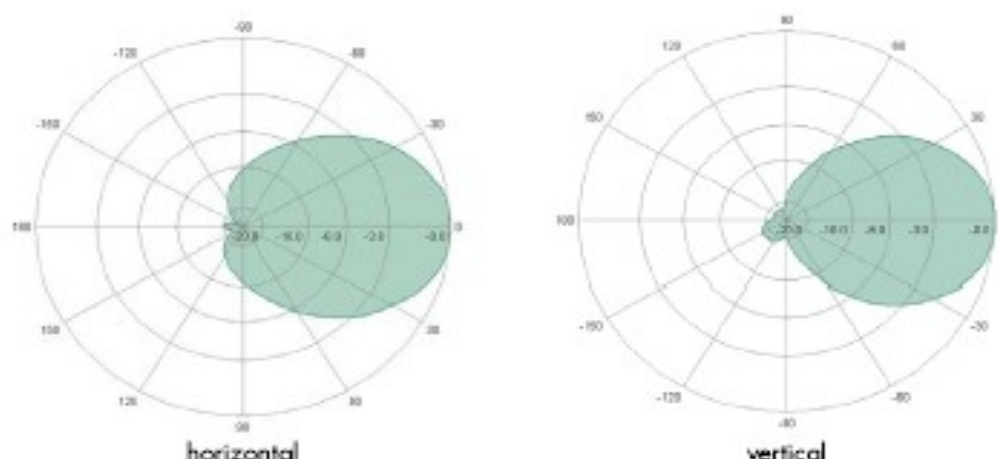


Figura 14 Cobertura Antena de Panel Indoor

Este tipo de antena es ideal para colocar en una pared donde no haya necesidad de dar cobertura a la parte trasera pero sí que emita toda su potencia hacia la parte delantera de la antena.

Acoplador:

Los acopladores que utilizaremos son los Kathrein 860 10020. Estos acopladores tienen la singularidad de atenuar por una salida 1dB y por la otra salida 6dB.

Type No.	860 10020	860 10021	860 10022
Frequency range	800 – 2500 MHz		
Tap Loss Input ↔ P ₁	- 1.0 dB	- 0.4 dB	- 0.1 dB
Input ↔ P ₂	- 6.0 dB	- 10.4 dB	- 15.1 dB
For connecting ... antennas	2		
Insertion loss	< 0.05 dB		
Impedance	50 Ω		
VSWR	< 1.5		
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< -150 dBc		
Max. power	100 W (at 50 °C ambient temperature)		
Connector	N female		
Weight	approx. 0.5 kg		
Profile cross-section	25 x 25 mm		
Packing size	267 x 95 x 111 mm		
Max. size	244 / 64 / 25 mm		



Figura 15 Modelos de Acopladores

4 ESTUDIO Y POSICIONAMIENTO DE LAS ANTENAS

Como se comprobará más adelante el acoplador se utiliza en los casos en los que se necesite dividir la potencia en dos ramas pero que sea más importante dar más potencia a una de las dos ramas. Durante este capítulo hay un ejemplo en el que se comparará un ejemplo con acoplador y otro con divisor.

Divisor:

Los divisores también son de la casa Kathrein. El modelo es Kathrein 860 10017. Su funcionamiento es parecido al del acoplador, pero el divisor atenúa la misma potencia para las dos salidas. La atenuación es de 3dB.

Type No.	860 10017	860 10018	860 10019
Frequency range	800 – 2500 MHz		
For connecting ... antennas	2	3	4
Insertion loss	< 0.05 dB		
Impedance	50 Ω		
Tap Loss	< 3	< 3	< 3.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< -150 dBc		
Max. power	100 W (at 50 °C ambient temperature)		
Connector	N female		
Weight	approx. 0.6 kg		
Profile cross-section	25 x 25 mm		
Packing size	242 x 110 x 95 mm		
Max. size	204 / 63 / 41 mm		



Figura 16 Modelos de Divisores

Los divisores se suelen instalar en la salida del nodo para así poder dividir la potencia por igual a todas las ramas siempre y cuando entre las ramas no haya mucha distancia.

Teniendo en cuenta todo lo explicado anteriormente, sólo falta implementar la situación de las antenas en los planos de los respectivos edificios, pero antes haremos un pequeño resumen de los datos que necesitaremos en este apartado.

Pérdida de conectores: 0,2dB.
Pérdida del cable: 18,1dB/100metros = 0,181dB/m
Ganancia antena omnidireccional: 2dBi
Ganancia antena panel: 8dBi.
Atenuación del medio: 50dB

Tabla 11 Resumen de atenuaciones

En este punto hay que hacer un inciso sobre el parámetro de atenuación del medio. Como se ha expuesto en la tabla, para cálculos de potencias se toma el valor de 50 dB, esto es debido a las distorsiones y a la reflexión de retardo. Las ondas de radio se reflejan en los obstáculos que se encuentran. En el lado del receptor tenemos al mismo tiempo la onda directa y ondas reflejadas. Esto conduce a energía cancelada en ciertas frecuencias y también una diferencia de tiempo entre los diferentes componentes recibidos que hacen que la señal recibida se difunda en el dominio del tiempo. La consecuencia en el sistema es dañina y lleva a “performances” decrementadas (errores de transmisión).

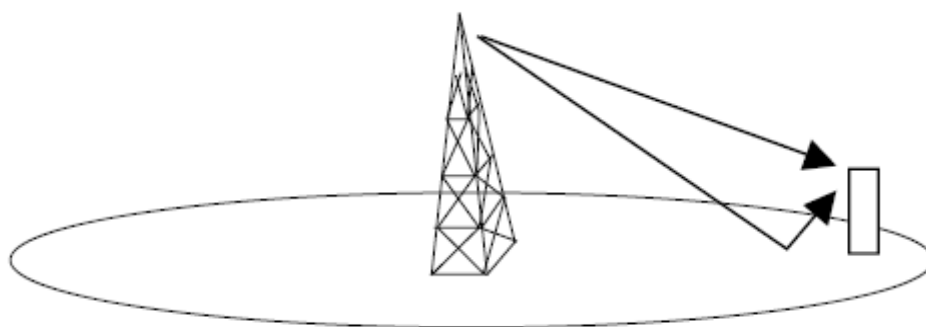


Figura 17 Efecto del terreno en la propagación

La tasa de propagación de una señal senoidal a lo largo de una línea de transmisión varía con la frecuencia de la señal. En consecuencia, cuando transmitimos una señal digital, las diversas componentes de frecuencia que la constituyen llegan al receptor con retrasos variables, y esto produce una **distorsión por retardo** de la señal recibida. Sabemos que la frecuencia es de 2000MHz:

$$\text{Como } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2000\text{MHz}} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ segundos}$$

Como se aprecia en el resultado, el periodo de una senoide es muy pequeño, de manera que si la señal rebota en un punto muy cercano al receptor, se puede llegar a producir la distorsión por retardo. Además, en un caso más realista se deben contabilizar las contribuciones de las reflexiones sobre otros elementos que rodean al emisor y al receptor, de manera que el factor de pérdidas por propagación resulta de la composición de todas las señales recibidas.

Como lógicamente, no se puede ir comprobando en cada lugar donde se coloca una antena los elementos susceptibles a distorsionar la señal, se toma como atenuación del medio el valor de 50 dB establecido en la tabla.

4.1 Edificio A

Como hemos visto en las especificaciones técnicas de la RBS3303, la potencia de salida es de 36,99dBm y el edificio A tiene 4 plantas. Así que lo primero que tenemos que conseguir es dividir las potencias por plantas, de manera que en la planta 0 y planta 1 haya más potencia para repartir que en las plantas 2 y 3, ya que en las plantas 0 y 1 es mucho más elevado el número de despachos y abonados que puedan rondar.

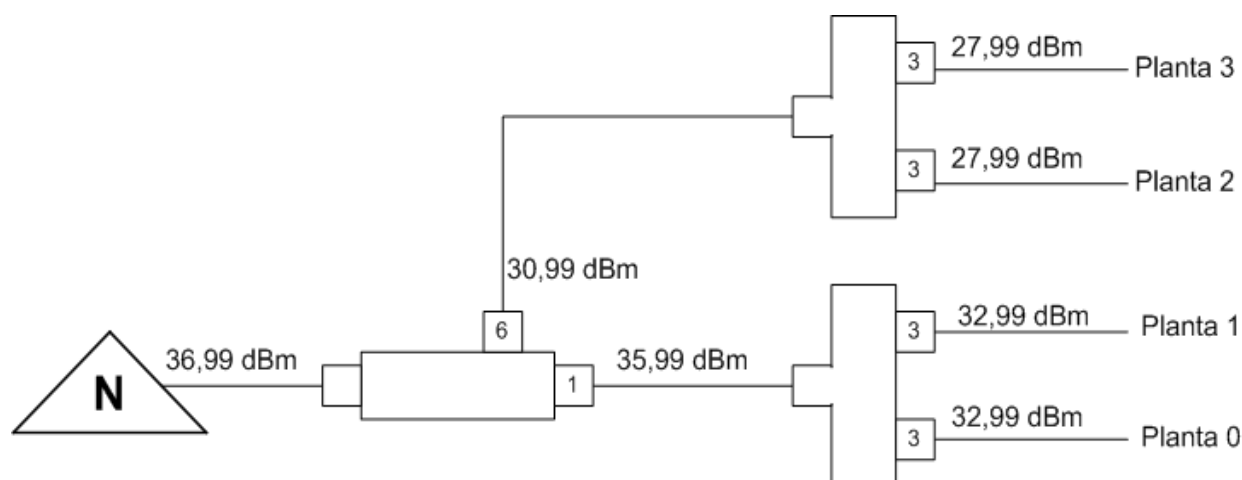


Figura 18 Esquema principal Edificio A

Como podemos comprobar, sin tener en cuenta la longitud de los cables, las potencias de salida para cada planta serán:

Planta	Potencia de salida (dBm)
0	32,99
1	32,99
2	27,99
3	27,99

Tabla 12 Potencias de salida en función de la Planta

4.1.1 Planta 1

Con los planos del edificio A comprobamos que en la planta 1 tenemos una sala de instalaciones y por eso comenzaremos por la planta 1, ya que instalaremos allí nuestra RBS3303.

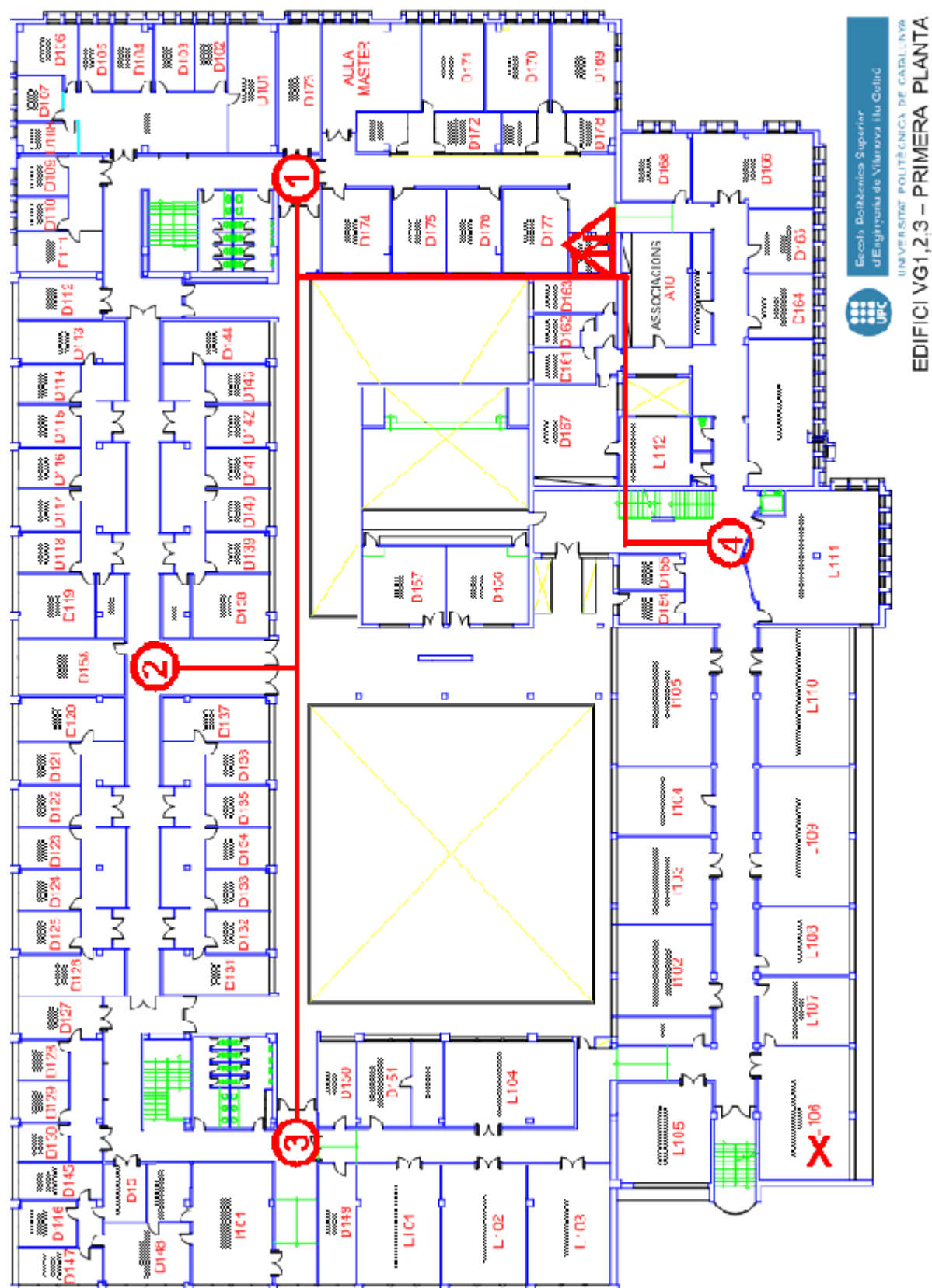


Figura 19 Esquema de cableado Planta 1

4 ESTUDIO Y POSICIONAMIENTO DE LAS ANTENAS

En el plano de la planta 1 comprobamos que hay situadas 4 antenas omnidireccionales.

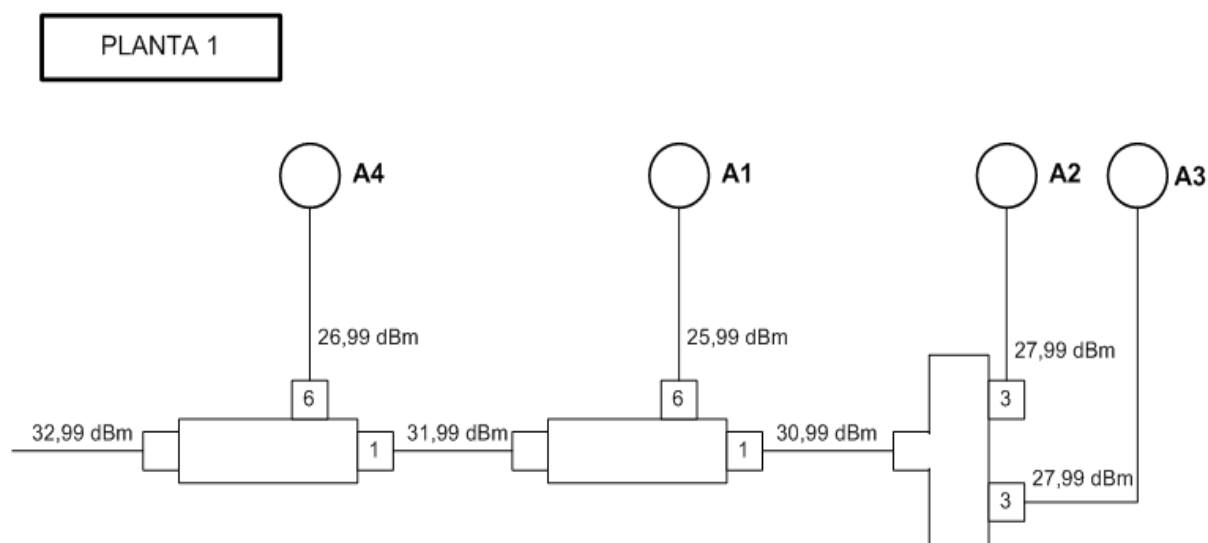


Figura 20 Resultado de potencias sin atenuación de cable Planta 1

En este caso se podrían haber puesto divisores, pero con los acopladores lo que conseguimos es que en las antenas más lejanas al nodo tengamos más potencia, ya que aún no hemos calculado las pérdidas por cables.

Calculando sobre plano las distancias entre el nodo y las antenas tenemos la siguiente tabla:

Antena	Distancia (m)	Atenuación (dB)
1	33	5,973
2	60	10,86
3	90	16,29
4	39	7,059

Tabla 13 Atenuación del cable Planta 1

Además de la atenuación del cable debemos tener en cuenta la atenuación del medio. Como norma se toma 50dB como atenuación del medio.

En la siguiente tabla tenemos una comparativa entre la potencia de salida de la antena sin atenuaciones y otra con las atenuaciones.

Antena	Potencia sin atenuación (dBm)	Potencia con atenuación (dBm)
1	25,99	-27,98
2	27,99	-30,87
3	27,99	-36,3
4	26,99	-28,06

Tabla 14 Comparativa con y sin atenuación Planta 1

Los resultados de esta tabla surgen de la suma o resta de potencias hasta la antena.

Supongamos la antena 1, en la boca de la antena nos llegan 25,99dBm sin tener en cuenta ni la atenuación del medio ni la atenuación por la longitud de los cables, ni la ganancia de la antena, por tanto para conseguir el resultado final tenemos que:

$$A1 = 25,99 - 5,973 - 50 + 2 = -27,98\text{dBm}$$

En la *Tabla 14* se ha tenido en cuenta la atenuación por distancia, pero no se han tenido en cuenta los conectores. Se podrían tener en cuenta, pero la señal de salida de la antena es tan buena que si tuviéramos 10 conectores a 0,2dB de atenuación por conector, nos restaría 2dB y la señal sigue siendo igual de buena.

A falta de valores teóricos en especificaciones técnicas, hemos comprobado las pérdidas entre estar fuera y dentro de un aula con un TEMS. Un TEMS es un teléfono móvil con un modo ingeniería de manera que en todo momento va detallando la frecuencia, y por tanto el operador, el código de scrambling, el cual explicaremos más adelante, y la potencia que está recibiendo del nodo.

En diferentes puntos de la facultad, se ha comprobado que se pierden o se ganan 3dB al entrar o salir de una sala.

Al margen de esta comprobación empírica, las operadoras utilizan este valor para hacer el cálculo “a ojo”.

Con esta anotación, y con el plano de la *Planta 1*, haremos un ejemplo para el peor caso, para comprobar que se da cobertura a toda la planta.

4 ESTUDIO Y POSICIONAMIENTO DE LAS ANTENAS

Para la peor situación analizaremos la *Antena 3* que es la que tiene peor potencia de salida y el laboratorio L-106. Entre la *Antena 3* y el laboratorio tenemos 7 paredes (sin tener en cuenta que la señal llegaría por el pasillo), 7 paredes a 3dB por pared, son 21dB de atenuación.

La *Antena 3* tiene una potencia de salida de -36,3dBm y si le restamos 21dBm, tenemos un resultado final en el laboratorio de -57,3dBm.

Si tenemos en cuenta que una buena cobertura es hasta -70dBm, comprobamos que nuestra señal en el punto más remoto será la acertada para ofrecer una buena calidad.

4.1.2 Planta 0

En la *Planta 0* tenemos una situación parecida a la *Planta 1* pero con una sala de actos tenemos que asegurar cobertura total, así que tendremos unas pequeñas diferencias.

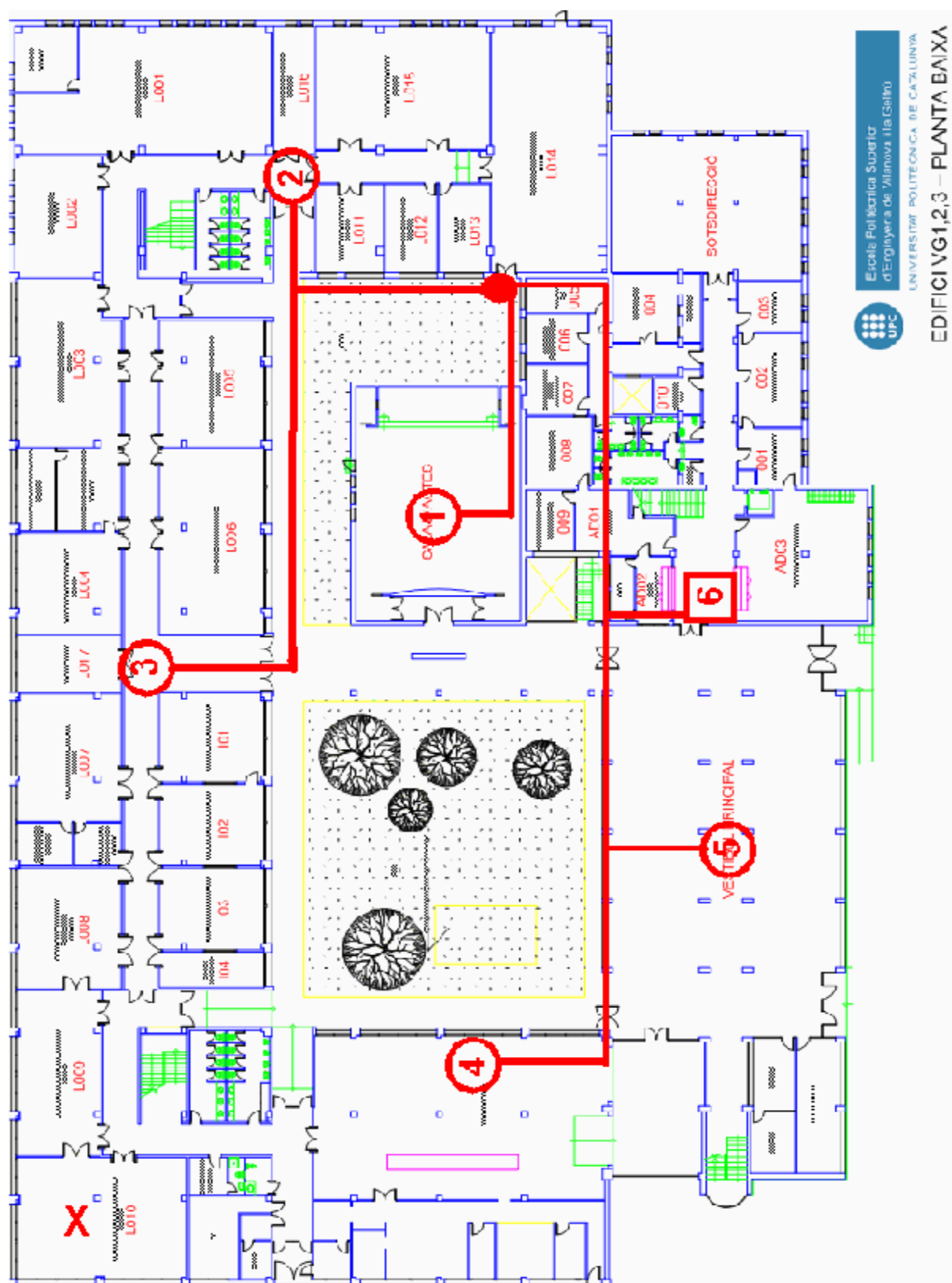


Figura 21 Esquema de cableado Planta 0

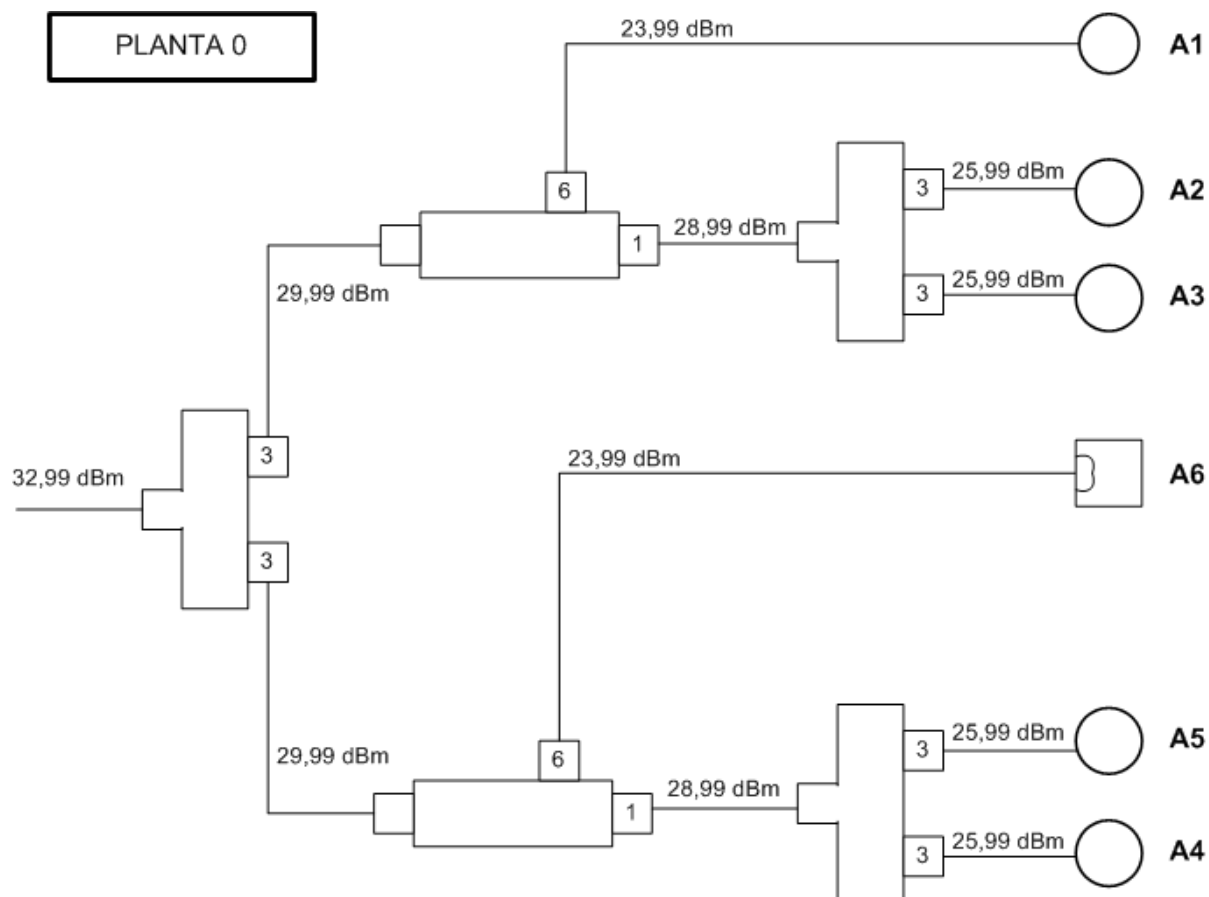


Figura 22 Resultado de potencias sin atenuación de cable Planta 0

Calculando sobre plano las distancias entre el nodo y las antenas tenemos la siguiente tabla:

Antena	Distancia (m)	Atenuación (dB)
1	35	6,335
2	38	6,878
3	65	11,765
4	32	5,792
5	65	11,765
6	53	9,593

Tabla 15 Atenuación del cable Planta 0

Además de la atenuación del cable debemos tener en cuenta la atenuación del medio. Como norma se toma 50dB como atenuación del medio.

En la siguiente tabla tenemos una comparativa entre la potencia de salida de la antena sin atenuaciones y otra con las atenuaciones.

Antena	Potencia sin atenuación	Potencia con atenuación
1	23,99dBm	-30,34
2	25,99dBm	-28,88
3	25,99dBm	-33,77
4	25,99dBm	-27,8
5	25,99dBm	-33,77
6	23,99 dBm	-27,6

Tabla 16 Comparativa con y sin atenuación Planta 0

A la *Antena 6* le llega una potencia de 23,99dBm pero como es una antena de panel y tiene 8dBi de ganancia, tenemos 29,99dBm de salida sin atenuación de ningún tipo.

Igual que en el apartado anterior utilizaremos la *Antena 3* como referente para el peor caso. El punto más alejado de la antena es el L-010 y hay 6 paredes (18dBm de atenuación), por lo que en el L-010 la potencia de la señal es de -51,77dBm que es más que aceptable en UMTS.

4.1.3 Planta 2

PLANTA 2

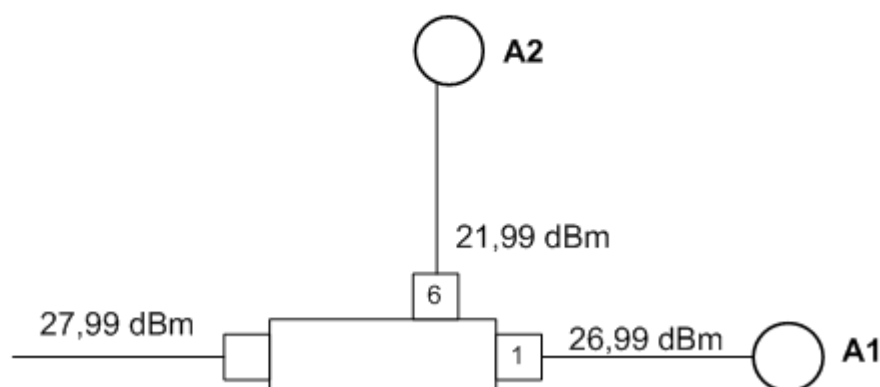


Figura 24 Resultado de potencias sin atenuación de cable Planta 2

Calculando sobre plano las distancias entre el nodo y las antenas tenemos la siguiente tabla:

Antena	Distancia (m)	Atenuación (dB)
1	38	6,878
2	67	12,127

Tabla 17 Atenuación del cable Planta 2

Además de la atenuación del cable debemos tener en cuenta la atenuación del medio. Como norma se toma 50dB como atenuación del medio.

En la siguiente tabla tenemos una comparativa entre la potencia de salida de la antena sin atenuaciones y otra con las atenuaciones.

Antena	Potencia sin atenuación	Potencia con atenuación
1	26,99dBm	-27,88
2	21,99dBm	-38,14

Tabla 18 Comparativa con y sin atenuación Planta 2

En esta planta, el peor caso sería para la Antena 2 pero esta antena está especialmente para cubrir la sala de juntas, igual que en la sala de actos de la Planta 0, y con la Antena 1 se podría cubrir el resto de la planta.

4.1.4 Planta 3

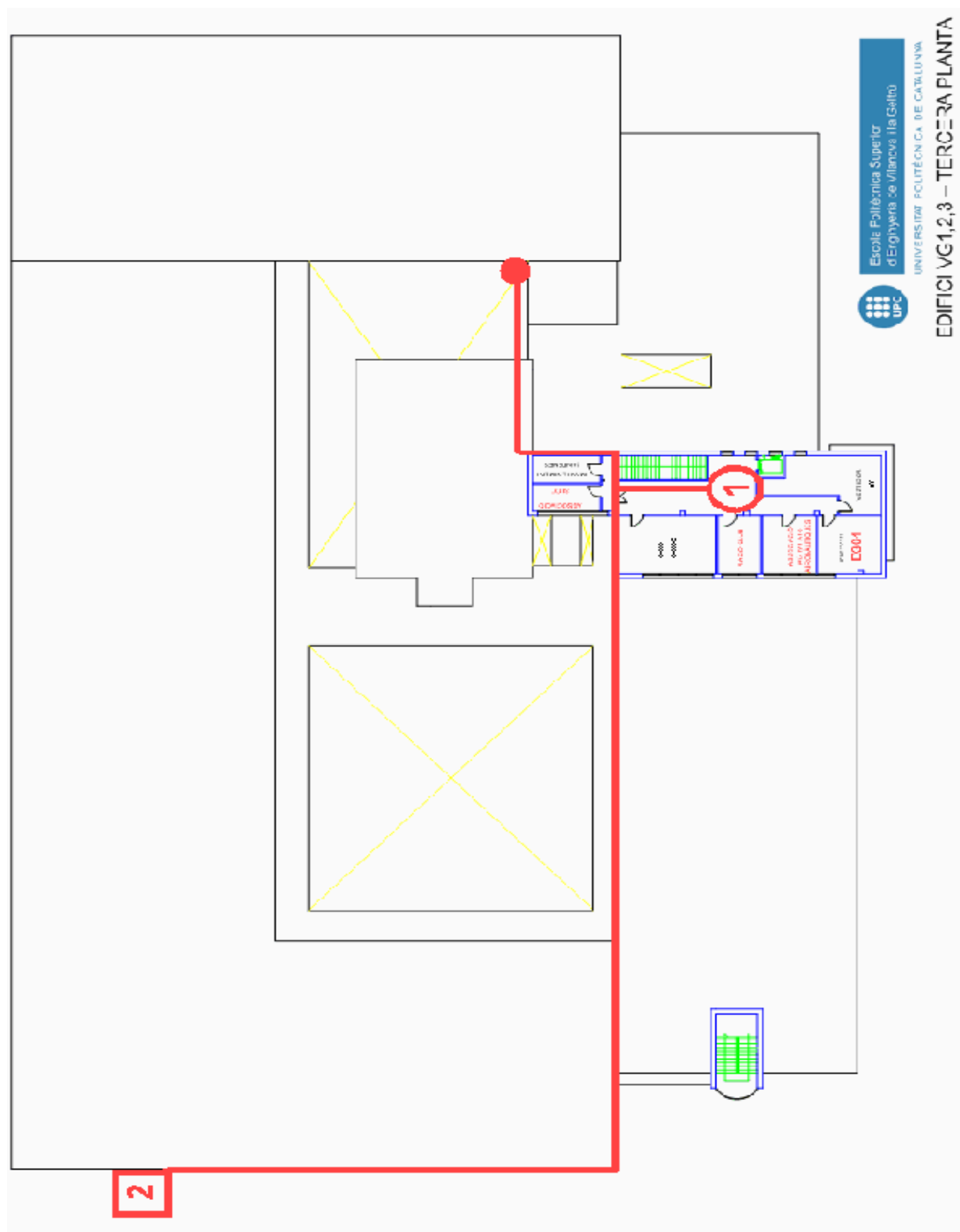


Figura 25 Esquema de cableado Planta 3

PLANTA 3

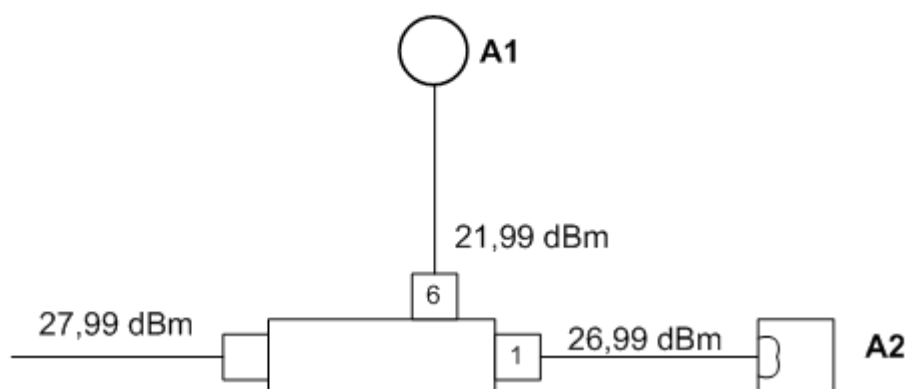


Figura 26 Resultado de potencias sin atenuación de cable Planta 3

Calculando sobre plano las distancias entre el nodo y las antenas tenemos la siguiente tabla:

Antena	Distancia (m)	Atenuación (dB)
1	49	8,869
2	112	20,272

Tabla 19 Atenuación del cable Planta 3

Además de la atenuación del cable debemos tener en cuenta la atenuación del medio. Como norma se toma 50dB como atenuación del medio.

En la siguiente tabla tenemos una comparativa entre la potencia de salida de la antena sin atenuaciones y otra con las atenuaciones.

Antena	Potencia sin atenuación	Potencia con atenuación
1	21,99dBm	-34,87
2	26,99+8=34,99dBm	-35,28

Tabla 20 Comparativa con y sin atenuación Planta 3

A la Antena 2 le llega una potencia de 26,99dBm pero como es una antena de panel y tiene 8dBi de ganancia, tenemos los 34,99dBm de la tabla anterior.

Recordemos que en esta planta, la Antena 2 es la antena de panel colocada especialmente en el

exterior del *Edificio A* para que le llegue la señal al repetidor que se instalará en la biblioteca y pueda repetir la señal en el interior de la misma.

4.2 Biblioteca

Tal y como se ha explicado en el apartado 4, en la biblioteca se realizará la instalación de un repetidor por dos razones:

- 1) La primera es por la instalación WiFi. Los alumnos que se quieran conectar a internet con su ordenador, utilizarán la red propia de la facultad.
- 2) La segunda es por el coste. Un repetidor es un sistema de bajo coste que abaratará el gasto de cualquier operador aprovechando la circunstancia del WiFi.

A la hora de elegir el repetidor, nos fijaremos en la compañía RETEMSA (Redes de Telefonía Móvil S.A.). Esta compañía tiene varios tipos de repetidores, pero para este proyecto de UMTS nos interesan únicamente dos.

El primero es el pico repetidor CHIKI-3Gxxi. Este repetidor es idóneo para el interior de edificios ya que su consumo y su potencia de salida no son muy elevados. El problema con este tipo de repetidores es que no permiten el canal HSDPA.

El segundo es el repetidor canalizado (UMTS23H-XXXC2T). Un repetidor canalizado selecciona una parte de la banda y amplifica únicamente ese fragmento de la banda. Como ya se explicó anteriormente, en la tarjeta TX6HS que hemos seleccionado para nuestro nodo, hay un canal especial de HSDPA. Por lo tanto, si pretendemos dar cobertura en la biblioteca con HSDPA necesitaremos un repetidor canalizado de dos canales, uno para llamadas, videoconferencias y conexiones menores de 384Kbps y otro canal para HSDPA.

Por lo tanto, ya que se han abaratado costes con un nodo menos, nos podemos permitir un repetidor canalizado de dos canales.



Figura 27 Repetidor UMTS23H-XXXC2T

Una vez elegido por necesidad el tipo de repetidor, comprobemos si sus especificaciones nos permiten que lo utilicemos.

Como se puede ver en el *Anexo 7*, las especificaciones que necesitamos del repetidor son las siguientes:

Parámetros	Downlink	Downlink	Uplink	Uplink	Unidades
	1CH	2CH	1CH	2CH	
Potencia de salida	+20	+17	+20	+17	dBm
Nivel de saturación de entrada	-10	-10	-10	-10	dBm

Tabla 21 Especificaciones repetidor UMTS23H-XXXC2T

En el *Apartado 4.1.4* hemos obtenido el valor de la potencia que dará la antena de panel para que refleje la señal en el repetidor. Esta señal tendrá una potencia media de -35dBm, por lo tanto, el primer obstáculo está salvado.

Ahora necesitaremos realizar el estudio de la biblioteca para colocar las antenas y saber si con una potencia de salida de +17dBm para dos canales tendremos suficiente para dar la cobertura necesaria.

En la biblioteca pondremos el repetidor arriba junto a la antena receptora y bajaremos la señal amplificada hasta las dos antenas que se colocarán dentro de la biblioteca.

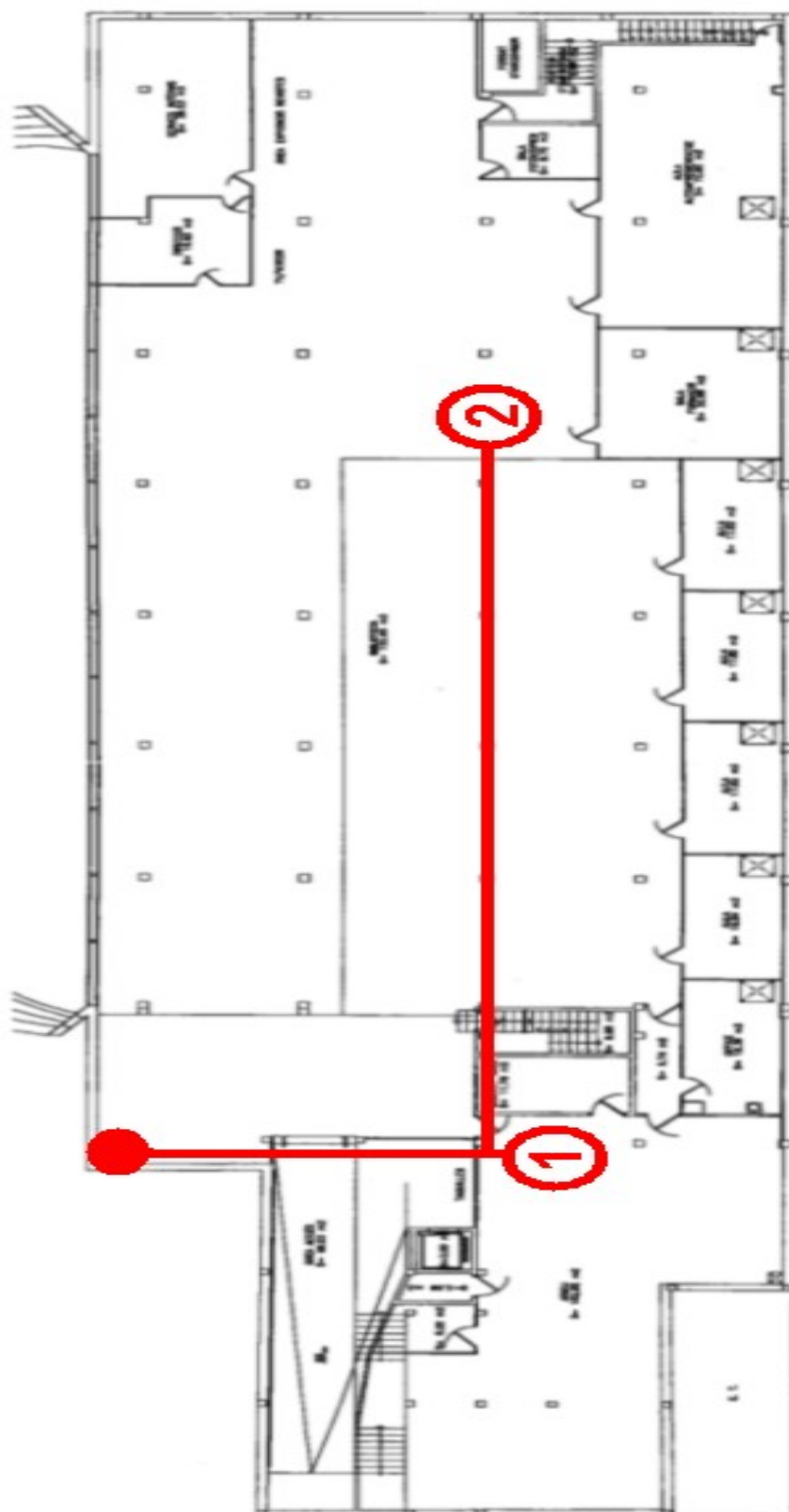


Figura 28 Esquema de cableado Biblioteca

La *Antena 1* está bastante cerca de la puerta con la idea de que pueda dar cobertura hasta el piso de arriba y la *Antena 2* está pensada para dar cobertura al interior. Basándonos en estas premisas analizaremos dos instalaciones parecidas para asegurar más potencia a la *Antena 1* y que pueda dar más cobertura (dentro de lo que cabe), ya que la *Antena 2* sólo necesita potencia para el interior de la biblioteca.

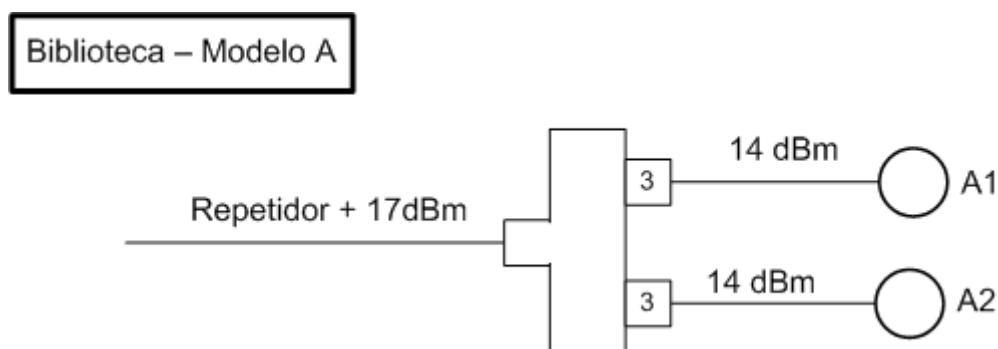


Figura 29 Resultado de potencias sin atenuación de cable Biblioteca Modelo A

Antena	Distancia (m)	Atenuación (dB)	Potencia sin atenuación	Potencia con atenuación
1	24	4,344	14	-38,35
2	56	10,136	14	-44,14

Tabla 22 Resultado Modelo A con divisor

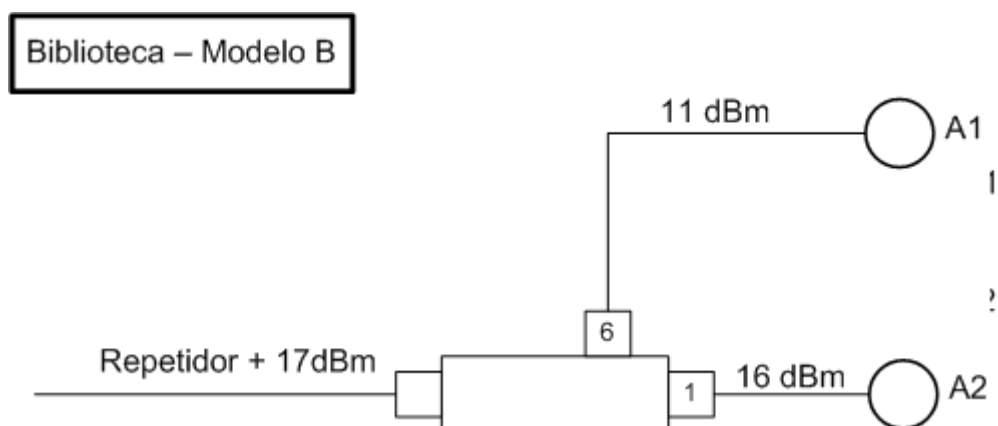


Figura 30 Resultado de potencias sin atenuación de cable Biblioteca Modelo B

4 ESTUDIO Y POSICIONAMIENTO DE LAS ANTENAS

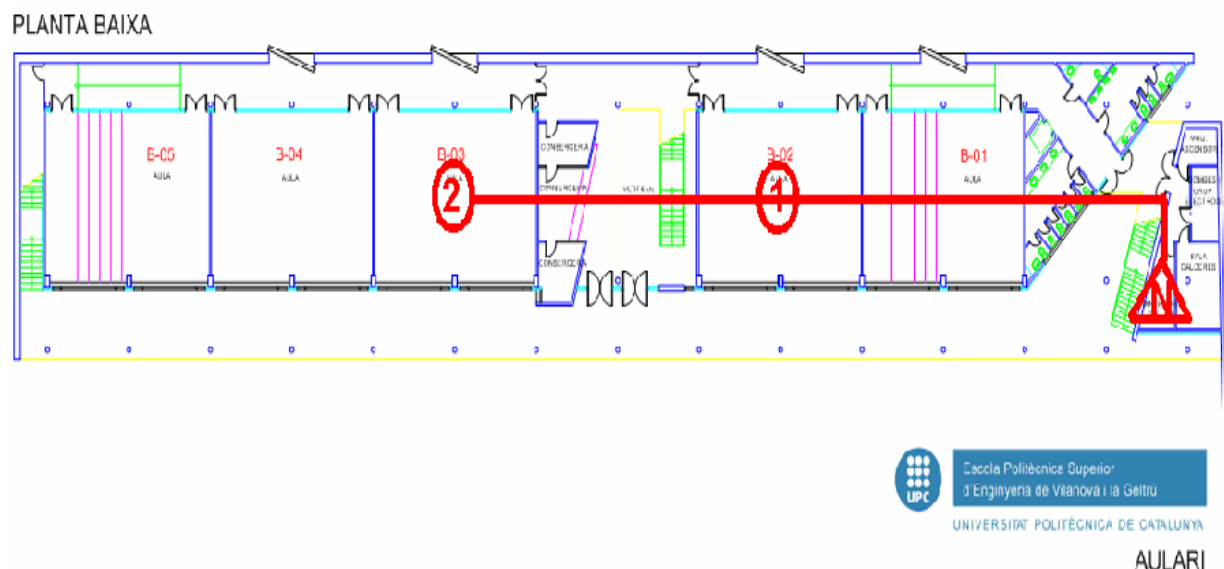
Antena	Distancia (m)	Atenuación (dB)	Potencia sin atenuación	Potencia con atenuación
1	24	4,344	11	-41,35
2	56	10,136	16	-42,14

Tabla 23 Resultado Modelo B con acopladores

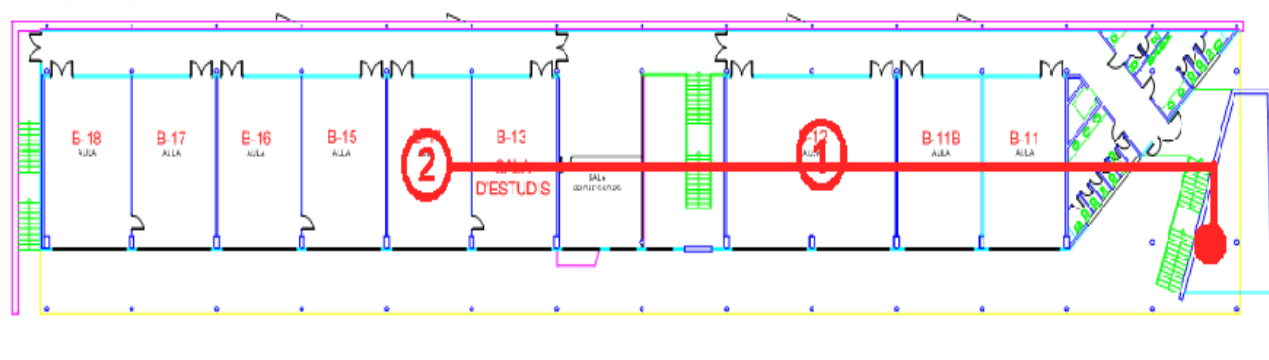
Una vez realizados los cálculos optaremos con la instalación con divisores ya que como se puede comprobar en las dos tablas anteriores hay una diferencia de 3dBm entre una instalación y otra para la antena 1.

4.3 Edificio B

En el *Edificio B*, igual que en el *Edificio A*, se colocará otra RBS3303.



PRIMERA PLANTA



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AULARI

Figura 32 Esquema de cableado Aulario Primera Planta

Aunque en el plano, y con la tabla de potencias de salida de las antenas, se comprueba que una antena en el centro de cada planta sería suficiente, vamos a colocar dos.

La colocación de la segunda antena es por redundancia, si en un momento dado una antena falla, tenemos otra para que no se noten los cortes de cobertura.

En este edificio y puesto que hay pocas antenas, realizaremos los cálculos para las dos posibles distribuciones de las antenas.

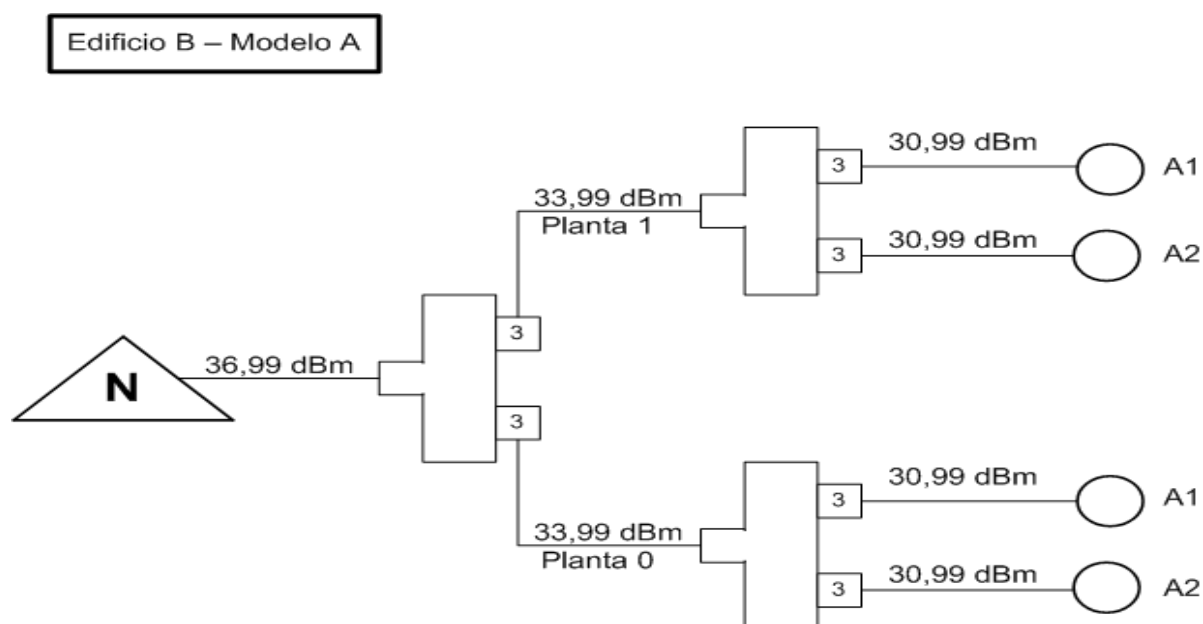


Figura 33 Resultado de potencias sin atenuación de cable Aulario Modelo A

Planta	Antena	Distancia (m)	Atenuación (dB)	Potencia sin atenuación	Potencia con atenuación
Planta 0	1	46	8,326	30,99	-25,34
	2	72	13,032	30,99	-30,04
Planta 1	1	56	10,136	30,99	-27,15
	2	82	14,842	30,99	-31,85

Tabla 24 Resultado Modelo A con divisor

Edificio B – Modelo B

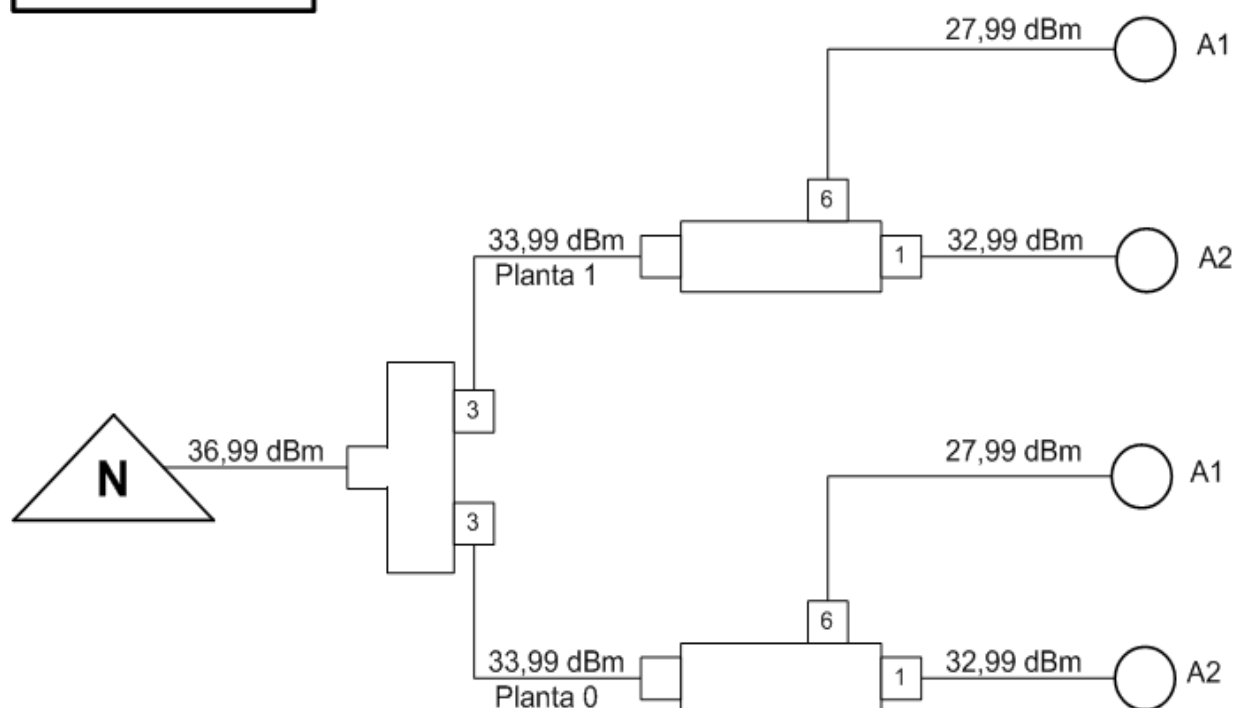


Figura 34 Resultado de potencias sin atenuación de cable Aulario Modelo B

Planta	Antena	Distancia (m)	Atenuación (dB)	Potencia sin atenuación	Potencia con atenuación
Planta 0	1	46	8,326	27,99	-28,3
	2	72	13,032	32,99	-28
Planta 1	1	56	10,136	27,99	-30,15
	2	82	14,842	32,99	-29,85

Tabla 25 Resultado Modelo B con acopladores

Se comprueba que con la configuración con acopladores se tienen en cuenta las pérdidas por las distancias de cables y por tanto es más acertada que la configuración con divisores.

Con los divisores, la potencia de salida en todas las antenas es la misma, pero en este edificio es justo tener en cuenta las distancias e intentar compensar todas las potencias al máximo.

4.4 Conclusiones

Después de realizar todos los cálculos, tenemos la siguiente tabla resumiendo los resultados:

Edificio	Planta	Antena	Potencia (dBm)
Edificio A	0	1	-30,34
		2	-28,88
		3	-33,77
		4	-27,8
		5	-33,77
		6	-27,6
	1	1	-27,98
		2	-30,87
		3	-36,3
		4	-28,06
	2	1	-27,88
		2	-38,14
	3	1	-34,87
		2	-35,28
Biblioteca	0	1	-38,35
		2	-44,14
Edificio B	0	1	-28,3
		2	-28
	1	1	-30,15
		2	-29,85

Tabla 26 Resumen de resultados obtenidos

4 ESTUDIO Y POSICIONAMIENTO DE LAS ANTENAS

A la vista de lo resultados de este apartado, se podría increpar que con menos antenas también se conseguiría dar cobertura a todo el edificio.

Recordemos que el UMTS va descartando abonados en momentos de mucho tráfico por capacidad de potencia, es decir, si tiene que elegir, elegirá dar tráfico a un abonado que esté más cerca de la antena que otro que esté más alejado. Al dar tan buena calidad, en un momento álgido de tráfico, el nodo tendrá que elegir por definiciones del operador, no porque se quede corto con la potencia de salida.

Por otra parte, también se podría increpar que para el edificio B un nodo B es demasiado, pero se puede tomar el mismo ejemplo que el edificio A y la biblioteca, para que en un momento dado, también se pueda hacer lo mismo entre el edificio B y el centro tecnológico. Aunque en este caso, el repetidor y la antena que le da la señal tendrán que ser más potentes.

5 PREPARACIÓN DE DATOS RADIO Y TRANSMISIÓN

Para poder definir todas las características en los equipos y en la red, antes hay que saber que datos específicos se desean configurar. Para ello, el departamento de Acceso Radio y el departamento de Transmisión se encargan de preparar todos los datos referentes a acceso, transporte y parámetros celulares. Generan y calculan todos los parámetros necesarios y los pasan a los distintos grupos para que los ejecuten en red.

5.1 *Departamento de Transmisión*

Este departamento tiene la función de realizar el estudio para hacer llegar la trama (señal) desde la RNC hasta el nodo B. Dicha trama es como mínimo de un E1(2Mbps) pero dependiendo de la importancia y la necesidad del emplazamiento podría llegar a ser hasta de 8 E1's. En nuestro caso, con un único E1 tenemos suficiente.

Hay diferentes maneras de que la trama llegue al nodo B. Una de ellas es por líneas alquiladas (Lease Line). Con una línea alquilada el operador no se tiene que preocupar del funcionamiento de la misma, abrirá incidencias a la compañía que se le ha alquilado para que la arregle. Pero este formato de trabajo es muy caro y por ello propondremos la siguiente alternativa.

Esta alternativa es el radioenlace, y es el más utilizado por todos los operadores. Como la gran mayoría de nodos están instalados dentro de casetas para tener un nodo GSM, DCS y UMTS, también tienen antenas exteriores y ahí se aprovechan los mástiles para colocar los radioenlaces.

Por tanto, para poder hacer que llegue la trama hasta nuestros dos nodos UMTS, tendremos que buscar el radioenlace más cercano con 2 E1's libres (uno para cada nodo) y colocar un radioenlace en cada nodo para conseguir la transmisión. Para el radioenlace más cercano podríamos tomar cualquier nodo que estuviera cerca del nuestro o ir directamente al Garraf. En el Garraf, en lo alto de la montaña, hay equipos de transmisión de todos los operadores y sus torres para poder implementar los radioenlaces necesarios para esa zona. Con esta segunda opción lo que conseguimos es que el camino intermedio entre nuestro nodo y la RNC sea el más corto posible.

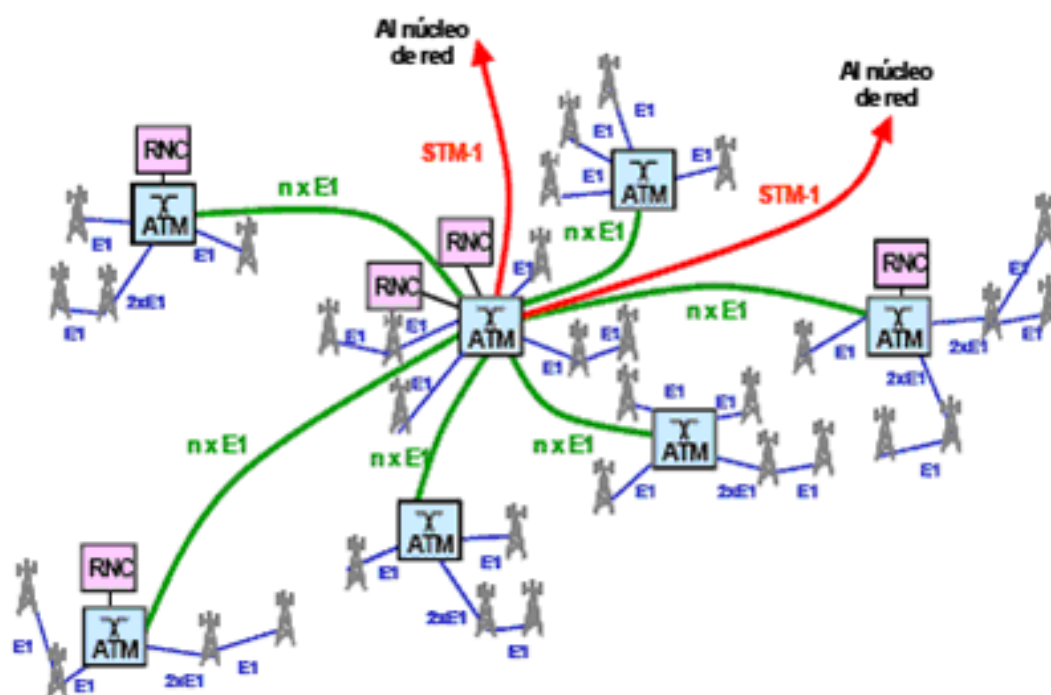


Figura 35 Ejemplo de topología de red de acceso UMTS

Como se ha comentado antes, nuestro radioenlace estará enfocado a las torres del Garraf y así hemos buscado un ejemplo con condiciones semejantes. Entre las estaciones del Garraf y Vilanova, en línea recta, pueden haber unos 10km y en este ejemplo se refleja esta distancia.

En la tabla 27 muestra este ejemplo. En informes como éste, el lado “NEAR” es el radioenlace del nodo y el lado “FAR” es el radioenlace al que llegará la señal para que pueda llegar a la RNC.

A continuación se presenta un ejemplo del informe de transmisión:

	FAR	NEAR
Site ID / Location ID	1-POC2B_03 /	1-B2B_2074 /
Site Name	XFE-B_0334	XFE-B_2074
Street Name		
City Name		
Site Owner		
Coordinates (Lat,Lon)	41 25 27.5N, 02 07 10.8E	41 30 54.4N, 02 07 49.8E
Coordinates (region:Northing,Easting)	31:4586235.6, 426439.6	31:4596306.8, 427445.6
Ground Elevation (m)	500.00	124.00
Radio Model	ML 18/2 4x2 Std	ML 18/2 4x2 Std
Output Power (dBm)	17.00	17.00
Channel Spacing (MHz)	7.00	7.00
Capacity (Mbit/sec)	4x2	4x2

(2)
(3)

Radio Manufacturer	Ericsson	Ericsson	
Antenna Model, Ø (m)	UKY 210 72/SC15, Ø:0.30	UKY 210 72/SC15, Ø:0.30	
Antenna Gain (dBi)	34.40	34.40	(4)
Antenna Above Ground (m)	40.00	20.00	
Antenna Manufacturer	ERICSSON	ERICSSON	
Azimuth (°)	5.12	185.13	
Diversity Antenna Model, Ø (m)			
Antenna above Ground (m)			
Antenna Manufacturer			
Branch Loss Tx/Rx (dB)	Tx:0.00 Rx:0.00	Tx:0.00 Rx:0.00	
Attenuator Common/Tx/Rx (dB)	Co:0.00 Tx:0.00 Rx:0.00	Co:0.00 Tx:0.00 Rx:0.00	
Waveguide #1 Model, Len(m), Loss(dB)			
Waveguide #2 Model, Len(m), Loss(dB)			
Waveguide #3 Model, Len(m), Loss(dB)			
Total Waveguide Loss (dB)	0.00	0.00	
Other Losses (dB)	0.00	0.00	
EIRP (dBm)	51.40	51.40	(5)
Transmit Frequency (MHz)	17.903.000	18.913.000	(1)
Polarization	V	V	
Path Length (km)		10.12	(6)
Total Propagation Loss(dB)		139,64	(7)
Field Margin (dB)		2.00	(8)
Receive Level (dBm)		-52.41	(9)
Fade Margin (dB)		28.6	(10)
Radio Configuration		1+0	
Rain Zone		ITU-R/60.00mm/hr	
Annual Rain (% / sec)		99.993471 / 2059.05	
Annual Outage (% / sec)		99.999992 / 2.52	

Tabla 27 Ejemplo de datos para Tx por radioenlace

En este informe se indica el nombre del nodo, las coordenadas, altura a la que se va a poner el radioenlace y distancia hasta el otro punto entre otros.

Los puntos importantes son la potencia de salida, el canal, ganancia de la antena, frecuencias y nivel de recepción.

(1) La frecuencia se elige en función de las frecuencias colindantes del mismo y otros operadores para que no se produzcan interferencias, y siempre con una diferencia de 1MHz entre Tx y Rx.

(2) Output Power: 17dBm. Es la potencia de salida a la que se configura el radioenlace por

5 PREPARACIÓN DE DATOS RADIO Y TRANSMISIÓN

defecto para realizar todos los cálculos. Si una vez se ha montado el radioenlace hay que atenuar la potencia, se puede atenuar mediante Sw.

(3) Channel spacing: 7MHz. Es el ancho de banda de la señal en el aire debido a la codificación del canal y que nuestro enlace es un 4x2.

(4) Antena Gain: 34,40 dBi. Es la ganancia del tipo de antena.

(5) EIRP: 51,40dBm. Potencia Isotrópica Radiada Efectiva. EIRP en inglés (Effective Isotropic Radiated Power). Valor relativo a la potencia de la emisión satélite recibida en el suelo. A la vez, resulta de la potencia del emisor y de la ganancia de la antena de emisión.

$$\text{PIRE} = 10 \log (P_t \times G)$$

(6) Path Length: 10,12 km. Distancia entre un radioenlace y otro.

(7) Total Propagation Loss: 139,64dB. Son las pérdidas de propagación. Se trata de las pérdidas de propagación que sufre la señal radioeléctrica en condiciones de espacio libre: sin ningún obstáculo en el camino, es decir, visión directa entre las antenas. En esta magnitud no suelen incluirse otras pérdidas adicionales debidas a lluvia, absorción atmosférica, etc. Estas pérdidas están relacionadas directamente con la distancia del radioenlace y la frecuencia de funcionamiento mediante la siguiente expresión:

$$\text{LP(dB)} = 92,44 + 20 \log_{10} f(\text{GHz}) + 20 \log_{10} d(\text{km}) \quad (\text{Fórmula de Friis})$$

$$\text{LP(dB)} = 92,44 + 20 \log_{10} 18 + 20 \log_{10} 10,12 = 137,64 \text{ dB.}$$

En realidad, las pérdidas no son 139,64 dB, sino 137,64 dB. Se le ha sumado el valor la casilla siguiente, el “Field Margin” (8), que es el margen que se asume que se puede perder debido a causas varias (defectos de instalación, etc.) Este valor NO SE RESTA a la hora de calcular la potencia recibida, pero sí se descuenta antes de hacer el cálculo de indisponibilidad.

Con esto estamos asegurando que, en el caso peor, no se rebasan los límites en:

- 1) Interferencia: las calculamos con la potencia de diseño, aunque puede que radiemos algo menos.
- 2) Calidad: la calculamos asumiendo que se pierde una cantidad igual al Field Margin. Así, podemos tener esa calidad, o más, nunca menos.

(9) Receive Level: -51,84dBm. Es el nivel de potencia que llegará al receptor teóricamente.

$$PR = PT + GT + GR - LP = 17 + 34,40 + 34,40 - 137,64 = -51,84\text{dBm}.$$

(10) Fade Margin: 28,6dB. Es la diferencia entre el nivel de señal recibida y el umbral del equipo, esto es, la señal mínima a la que deja de funcionar (más específicamente, a la que la tasa de error sobrepasa el límite especificado, típicamente 10^{-3} ó 10^{-6}). Este margen de desvanecimiento está estrechamente asociado a la indisponibilidad por propagación (básicamente, por lluvia). En cada zona geográfica hay definido un parámetro que mide la intensidad de lluvia (no la media, porque sólo la lluvia intensa afecta a los enlaces). O sea, que dos enlaces con igual Fade Margin en Madrid (intensidad de lluvia 32 mm/h) y Barcelona (60 mm/h) no tendrán igual indisponibilidad; o viceversa, para conseguir la misma calidad de enlace que en Madrid, en Barcelona necesitamos un FM mayor (más potencia). Se puede consultar en la ITU-R P.837-1.

5.2 Departamento de Radio

El departamento de Radio se encarga de definir los sectores, cables, celdas, vecindades y datos de tráfico virtual. Dentro de los datos de radio se pasan dos ficheros. El primero define los datos físicos y el segundo el tráfico virtual.

5.2.1 Datos físicos

Sector:

NOMBRE	VALOR	DESCRIPCIÓN
SECTOR_ID	1	Nuestro nodo sólo tiene un sector.
RBS_ID	0200121	Es el Identificador de la RBS. 02 → Indica la zona. (Cataluña). 0012 → El nombre del nodo. 1 → Número de cabinets en ese site.
RBS	3303	Tipo de RBS que se va a implementar.
RNC_ID	0201	El código de la RNC de la que va a colgar nuestra RBS. En este caso, Vilanova pertenece a la provincia de Barcelona, así que señalará hacia la RNC de Barcelona.
TMA_TYPE	NONE	Se indica si se le deben añadir ASC, RET, TMA o ninguna de estas opciones a la instalación. Son dispositivos para controlar la posición de los sectores o amplificar la señal recibida por el móvil. En una RBS3303 no tiene sentido colocar ninguno

5 PREPARACIÓN DE DATOS RADIO Y TRANSMISIÓN

		de estos dispositivos.
OUTPUT_POWER	1	Recordemos que la RBS3303 puede transmitir a 5 o 20W. 1 → Amplificación normal (5W). 2 → Amplificación alta (20W).
MECHANICAL_TILT	0	En una RBS con antenas normales se le puede indicar si se quiere algún ángulo para las antenas.
ELECTRICAL_TILT	0	
ANTENNA_TYPE	0	Tipo de antena. Se pone 0 si la antena no pertenece a Ericsson.
FQ_BAND_HIGH_EDGE	10700	Canal correspondiente a la frecuencia más alta de un operador en DownLink.
LATITUDE	4123,466666666667	Valores del emplazamiento.
LAT_HEM	N	
LONGITUDE	0209,056666666667	
LONG_HEM	E	
GEO_DATUM	ED50	
BEAM_DIR	70	
HEIGHT	0	Es la altura de la antena al suelo, pero con ramificaciones como en este caso, el valor por defecto es 0.

Tabla 29 Datos sector

Celda:

NOMBRE	VALOR	DESCRIPCIÓN
RNC_ID	0201	Es el Identificador de la RNC de la cual cuelga la RBS.
CELL_ID	0200121	Número de celda. Si fuera una RBS con 3 sectores, tendría 3 celdas.
LOCALCELL_ID	020067	El identificador de celda. Se identifica la celda de manera que no haya otra en su mismo radio de cobertura con el mismo identificador de manera que un terminal móvil no pueda estar conectado a dos sectores diferentes con el mismo Local Cell Id.
SECTOR_ID	1	Sector lógico. Si fuera una RBS con 3 sectores, tendría 3 sectores.
RBS_ID	0200121	Identificador del nodo.
CELL_RANGE	44500	Rango máximo para el cual el receptor de la RBS debería ser capaz de demodular la señal transmitida por el UE desde un punto de vista del retardo por la propagación. Las unidades son metros. El rango válido es de 0-50000 con paso o resolución es de 250m. El valor de 44500m. Es el valor por

		defecto y recomendado ya que es el valor que corresponde para el radio de celda máximo con el que se definieron las especificaciones de la RBS.
FREQUENCY_PLANE	1	Parámetro que indica el nº de frecuencia utilizadas en la red. Actualmente no se puede modificar (por defecto vendrá siempre a 1) y servirá cuando existan varias frecuencias en la red.
CID	67	Identidad de la celda. Sirve para conseguir el Local Cell Id que está identificado más arriba. $CID = 6 \times (C - 1) + S = 6 \times (12 - 1) + 1 = 67$ C= Código Site S= Sector Lógico
PLMN_SIB1_AREA_ID	1	Este parámetro es utilizado para detectar cuando un UE atraviesa el borde de una location area o routing area. Las celdas que pertenecen a diferentes location areas o routing areas deben tener un valor diferente.
TIMING_DELAY	1	Indica el retardo o decalaje que se utiliza para determinar el inicio del SCH, CPICH y los DL scrambling codes. Las celdas que pertenezcan al mismo site deben tener diferentes valores.
PWR_OFFSET	5	Parámetro utilizado en el algoritmo de Congestion Control. Sirve para establecer el límite que determina cuando se entra en estado de congestión basado en la potencia utilizada en el DL. El valor por defecto en el sistema y recomendado es 5.
ADMISSION_LIMIT	75	Se utilizan en el algoritmo de Admission Control y Congestion Control. Sirve para establecer el límite de admisión basado en la potencia usada en el DL. Dependiendo del tipo de petición de acceso (garantizado o no) el límite es diferente. El rango de valores es de 0..100. La unidad es %, y la resolución es 1. El valor por defecto en el sistema y recomendado es 75 y 10.
RELATIVE_ADM_LIMIT	10	Se utiliza en el algoritmo de Admission Control y Congestion Control. Sirve para establecer el límite de admisión basado en la potencia usada en DL. Dependiendo del tipo de petición de acceso (garantizado o no) el límite es diferente.

5 PREPARACIÓN DE DATOS RADIO Y TRANSMISIÓN

		El valor por defecto del sistema y recomendado es 10.
PRIMARY SCRAMBLING CODE	340	Es el código de scrambling. Es un código diferente para celdas cercanas para que un UE sepa diferenciar en todo momento en qué celda está conectado.
TX_DL	0	Máxima potencia en transmisión DL. El valor por defecto en el sistema y recomendado es 0.
TX_UL	24	Máxima Potencia de transmisión en UL (Potencia del Móvil)

Tabla 28 Datos celda

Cable:

NOMBRE	VALOR	DESCRIPCIÓN
RBS_ID	0200121	Identificador de la RBS.
SECTOR_ID	1	Indica a que sector se refiere. En este caso, sólo hay uno.
ANT_CABLE_ID	1	En las RBS con antenas orientadas al exterior sales dos cables por antena para la redundancia, pero en este caso sólo hay uno.
UPLINK_ATT_FEEDER	0	Valor de atenuación correspondiente a la longitud y tipo de cable. Estos valores son 0 debido a los cálculos a la hora de hacer el replanteo.
DOWNLINK_ATT_FEEDER	0	
ELECTRICAL_UL_DELAY_FEEDER	0	Valor de pérdidas de retorno del cable.
ELECTRICAL_DL_DELAY_FEEDER	0	Estos valores son 0 debido a los cálculos a la hora de hacer el replanteo.

Tabla 30 Datos cable

Relaciones de vecindad UMTS:

CELL_ID1	CELL_ID2	RNC_ID1	RNC_ID2	QOFFSET
0200121	0200022	CAT01R01	CAT01R01	0
0200121	0203382	CAT01R01	CAT01R01	0
0200022	0200121	CAT01R01	CAT01R01	0
0203382	0200121	CAT01R01	CAT01R01	0

Tabla 31 Relaciones de vecindad UMTS

Estas relaciones sirven para que cuando el móvil le transmita a la RBS que va a cambiar de antena donante, la RBS se lo pueda indicar a la RNC y la RNC compruebe si puede o no ofrecerle el servicio y así permitir el cambio o no.

En cada nodo se pueden realizar 31 relaciones de vecindad como máximo.

Relaciones de vecindad GSM:

C Id Origen UMTS	Celda destino GSM	Cell Id (GSM)
0200121	CT00122	46
0200121	CT00022	6
0200121	5200043	40008
0200121	CT03382	1350

Tabla 32 Relaciones de vecindad GSM

Las relaciones de vecindad GSM tienen la misma función que las de UMTS. Son por si el abonado viene de una celda con una llamada, pueda seguir en nuestra RBS.

5.2.2 Definición del tráfico

Datos del nodo:

NOMBRE	VALOR	DESCRIPCIÓN
RBS ID	0200121	Identificador del nodo.
NODE NAME	CATB0012	Nombre del nodo.
RNC	CAT01R01	Nombre de la RNC de la que cuelga la RBS.
RNC ID	0201	Identificador de la RNC de la que cuelga la RBS.
AESA NB	108010000000121	Dirección ATM de la RBS.
RNC MODULE	5	Conjunto de tarjetas a las que le llega la RBS.
DOMAIN NAME	catb0012.gestion.redamena.com	Sirve para gestionar directamente el nodo desde unas tablas asociadas.
PARENT NODE	Rnc0201	RNC relacionada con la AESA.

5 PREPARACIÓN DE DATOS RADIO Y TRANSMISIÓN

AESA PARENT NODE	1080100000000001	Dirección ATM de la RNC.
TIPO NB	3303	Tipo de nodo que se instala.
CONFIGURACIÓN NB	1x1	Configuración del nodo. La RBS 3303 sólo tiene un subrack.
Ethernet link IP	10.162.23.105	IP que se configura en el nodo.
ETHERNET LINK SUBNET	255.255.255.248	Máscara asociada a la gestión.
ETHERNET LINK BROADCAST	10.162.23.111	Toda IP ethernet tiene asociada una IP broadcast.
IP ATM link 1	10.162.147.106	IP's asociadas a los VC's 32 y 33 para la gestión de la RBS.
IP ATM link 2	10.162.179.106	
Hop IP address 1	10.162.147.105	Direcciones IP de los Routers para las IP ATM links.
Hop IP address 2	10.162.179.105	
Metrica 1	10	Se definirá la ruta preferente por la métrica más pequeña.
Metrica 2	20	
Hsdpa	YES	RBS lista para activar HSDPA.

Tabla 33 Datos del nodo

Datos del tráfico:

NOMBRE	VALOR	DESCRIPCIÓN
RBS ID	0200121	Identificador del nodo.
Port out 1	1-1-1	Indica el subrack, el slot y el puerto de la tarjeta en la RBS.
VP out 1	1	El Vp por el que llegará a la RBS.
RNC 1	0201	Identificador de la RNC de la que cuelga la RBS.
Port in 1 RNC 1	ES2-26-2	Indica que la ruta llegará por el Extension Subrack 2, slot 26 y puerto de la tarjeta a la RNC.
VP in 1 RNC 1	45	El Virtual Port por donde llegará la ruta a la RNC desde el Switch.
Port out 1 RNC 1	MS-6-2	Indica el Main Subrack, el slot y el puerto de la RNC. Son las que enlazan con los routers.
Port out 2 RNC 1	MS-7-2	
VP out 2 RNC 1	100	El Virtual Port por donde llegará la ruta a la RNC desde los Routers.
VP out 2 RNC 1	101	
TD VP out 1 RNC1	C1P88302	Indica: C1: Calidad de servicio. P88302: Ancho del Traffic Descriptor en la RNC.
TD VP out 2 RNC1	C1P88302	
MUBa out RNC 1	20824	Son los Virtual Channel que identifican cada RBS en los Routers. A cada nodo se le asigna un VCI de entrada en los routers.
MUBb out RNC 1	20824	

Tabla 34 Datos de tráfico

6 INTEGRACIÓN DEL NODO B

6.1 Introducción : Topología de red de acceso UTRAN

El concepto UMTS es un campo muy abierto e inalcanzable para una memoria. El objetivo de este proyecto es focalizar la parte UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) de la red e intentar profundizar más en ella. Traducido al español es algo como: Acceso por Radio a la Red Terrestre UMTS, es el conjunto de términos que definen la conexión para los Nodos-B y los RNC que hacen posible la creación de las redes UMTS. UTRAN hace posible la conexión del terminal usuario con el núcleo de la red UMTS. La integración de un nodo B muestra todas las partes de UTRAN, una de las más interesantes por su contenido y cercanía al usuario.

La red de acceso UTRAN está constituida por un conjunto de nodos (nodos B, RNC's y conmutadores ATM) y un conjunto de enlaces entre ellos. A continuación se muestra la topología de dicha red:

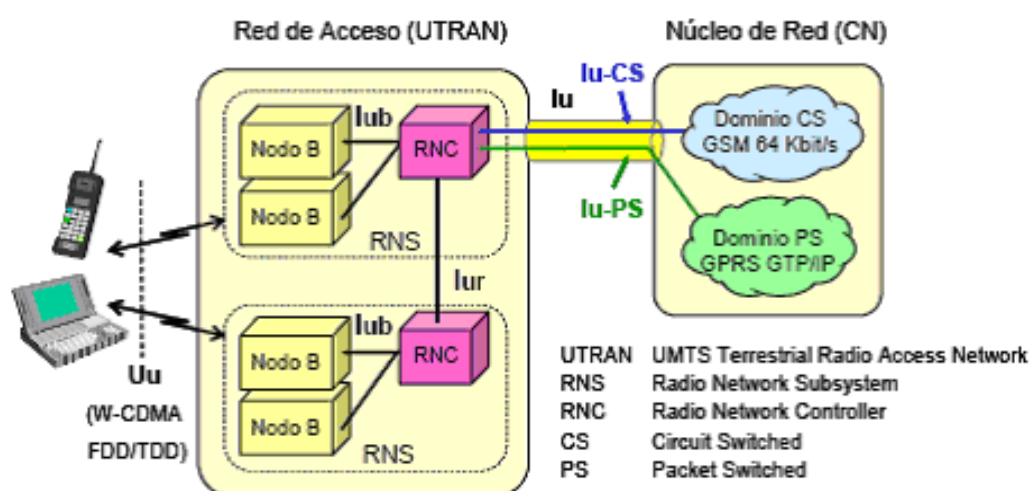


Figura 36 Red de acceso UTRAN

Como se ha explicado en el apartado 1.4.2 de la introducción, los interfaces (Iub, Iur e Iu) se encargan de interconectar los distintos nodos. Recordemos a qué hace referencia cada interfaz. Los equipos de usuario (Ue) se conectan a la red de acceso mediante el interfaz radio (Uu), basado en WCDMA. El interfaz Iub es el encargado de comunicar los Nodos B con la RNC, tanto como para el transporte de tráfico para el usuario, como para el transporte de señalización. Mediante la red de acceso se transporta todo el tráfico del usuario incluida la señalización del móvil a la red hasta el núcleo de red (Core Network) a través del interfaz Iu.

Pero para explicar el transporte entre el nodo B y la RNC debemos hacer especial hincapié al interfaz Iub.

6.1.1 Interfaz Operation & Maintenance (Mub)

El tráfico de O&M forma parte de un interfaz lógico distinto del Iub. Lo que ocurre es que generalmente se transportará en el mismo enlace físico que el Iub, por lo que se añade como si fuera un circuito propio del Iub.

El tráfico de O&M es tráfico por IP. Este tráfico puede transportarse de dos maneras:

- 1) A través de una conexión directa a la red IP, haciendo uso del interfaz Ethernet que tiene la CBU (en la RBS nueva) o GPB (en la RBS antigua). Recordemos que en el apartado 3 se definieron todas las tarjetas y cuales eran sus funciones.
- 2) A través de la red de transporte ATM UTRAN, junto con el resto del tráfico que transporta el interfaz Iub.

El Mub (Maintenance node B) se define como un circuito de operación y mantenimiento de tipo UBR (Undefined Bit Rate) y por eso no se tiene en cuenta a la hora del cálculo de ancho de banda total necesario para el Iub, ya que hará uso únicamente de la capacidad libre existente cuando sea necesario. En el tráfico de tipo UBR, como se explicará más adelante, se define un número mínimo de bits y si en la línea hay más espacio libre, se pueden recuperar más bits para transmitir la información.

6.1.2 Interfaz Iub

Como se ha comentado anteriormente, este interfaz se encarga de comunicar los nodos B con la RNC. Para establecer esta capacidad necesaria del interfaz Iub hay que analizar el dimensionado del tráfico de cada uno de los circuitos VC's (Virtual Channel) de los que consta.

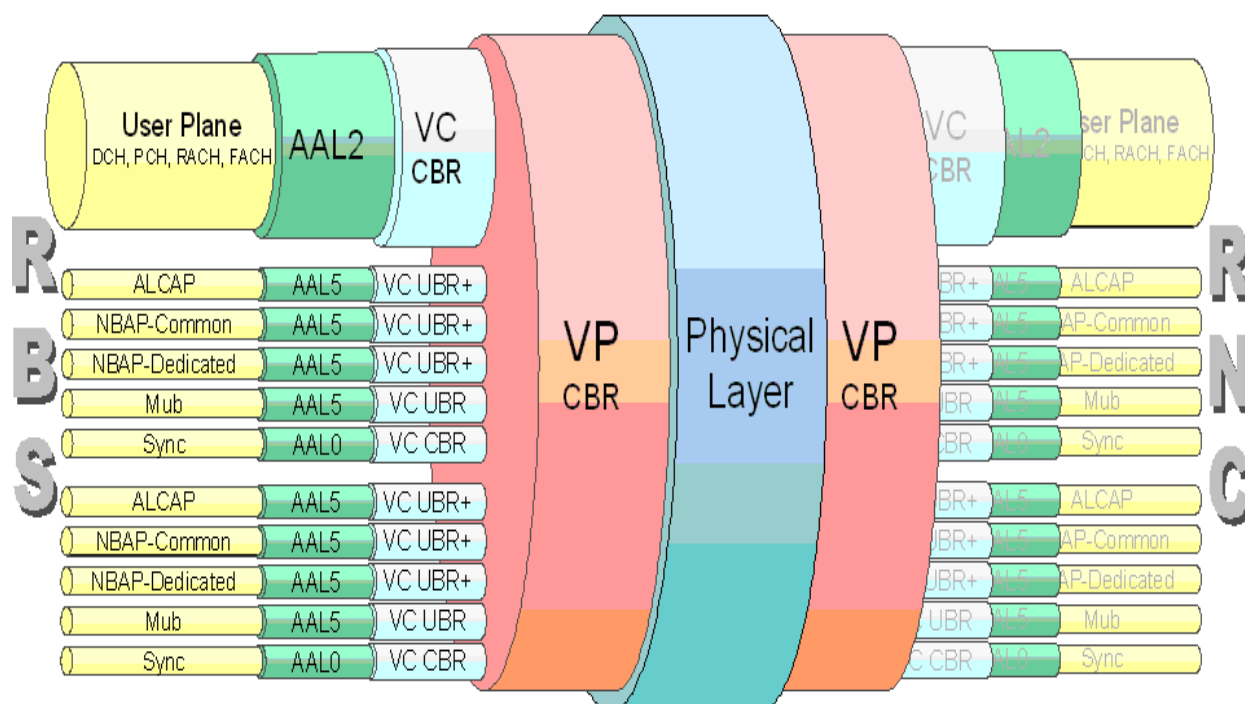


Figura 37 Interfaz Iub

6.1.2.1 Sincronismo

El tráfico de sincronismo de nodo es prioritario en el interfaz Iub, ya que es necesario para que los nodos conozcan el retardo de la red hasta la RNC.

El retardo objetivo entre la RBS y la RNC es de 5ms, siendo el máximo permitido por sistema de 30ms. El Round Trip Delay es el tiempo transcurrido entre que la RBS manda una celda y la recibe devuelta por la RNC.

Para garantizar el objetivo de 10 ms de Round Trip Delay (5ms de ida y 5ms de vuelta), la capacidad necesaria en el circuito de sincronismo es igual a:

$$R = 5\text{ms} + 5\text{ms} = 10\text{ms}$$

$$C = 1/R = 100\text{celdas/s}$$

Hay que considerar la naturaleza a ráfagas de este tipo de tráfico. Una RBS intercambia cinco mensajes de sincronismo con la RNC cada 15 minutos. Por tanto, reservar 100celdas/s (42Kbps) no es una solución óptima. En lugar de esto, se implementa el tráfico de sincronismo como si

fuera tráfico CBR (Constant Bit Rate) utilizando la capa de adaptación ATM AAL0.

Esta solución es propia de Ericsson y aunque el circuito está definido como CBR, su implementación permite que si se requiere más capacidad, pueda utilizar toda la capacidad del enlace, inclusive la utilizada por tráfico de abonado.

Los circuitos de sincronismo comienzan y terminan en las tarjetas TUB (Timing Unit Board) presentes en todos los nodos Cello. Generalmente todos los nodos B van equipados con una TUB (en nuestro caso, la TUB está incluida en un módulo dentro de la CBU, tal y como se explicó en el capítulo 3) y la RNC con dos tarjetas. Por eso el circuito de sincronismo se define por duplicado, de manera que cada uno termine en una TUB diferente en la RNC, proporcionando redundancia de tarjeta en la RNC. Para dar mayor robustez al sistema, se podrían definir los canales de sincronismo por dos caminos físicos diferentes.

6.1.2.1 Señalización

El tráfico de señalización se transporta en los circuitos NBAP-C (canales comunes radio), NBAP-D (canales dedicados de radio) y Q.2630 (señalización asociada a las conexiones AAL2).

Circuito de Canales Radio (NBAP)

Toda la señalización generada entre la RNC y un móvil (establecimiento y mantenimiento de la conexión) se transportará en el interfaz aire por canales de señalización comunes y dedicados. Los canales comunes serán los que están para el establecimiento de la llamada, que serán comunes para todos los móviles y los dedicados, los que mantienen la conexión de la llamada.

Los circuitos NBAP-C y NBAP-D empiezan y acaban en los mismos nodos que el circuito de sincronismo (RBS y RNC respectivamente), y estos nodos son los que se encargan de sincronizar la señalización que transportan. Por este motivo, los NBAP tienen que ser transportados en el mismo VP (Virtual Path) entre la RNC y la RBS.

Circuito Q.2630

Este circuito lleva la señalización asociada a las conexiones AAL2. Se define entre el nodo B y el nodo donde se realice algún tipo de operación con las conexiones AAL2 (RNC ó AAL2 Swith).

La reserva de ancho de banda que se hace para el tráfico de señalización debe ser superior a la capacidad necesaria de tráfico de O&M , ya que este tráfico hará uso de la capacidad no utilizada

por la señalización (por tanto, el ancho de banda de los canales de señalización se recomienda que sea superior a 100Kbps para poder soportar tanto el tráfico de señalización como el de O&M).

Si la capacidad total del interfaz Iub es inferior a dos E1's ($E1=2\text{Mbps}$), se recomienda reservar 200Kbps para los canales de señalización NBAP y Q.2630. Como regla de diseño se incluye en la reserva de ancho de banda de señalización (200Kbps) el tráfico de O&M y de sincronismo (ya que se trata de un valor muy pequeño, y en el caso de requerir mayor ancho de banda, la tecnología implementada lo va a permitir).

6.2 Integración del nodo B

Una vez hemos conseguido nuestros objetivos en los apartados anteriores, únicamente nos queda integrar nuestros nodos.

Para ello, debemos configurar cuatro elementos. Estos son:

- 1) Routers de gestión
- 2) Switch ATM
- 3) RNC
- 4) Nodo B

Para entender mejor este apartado, tenemos la siguiente figura:

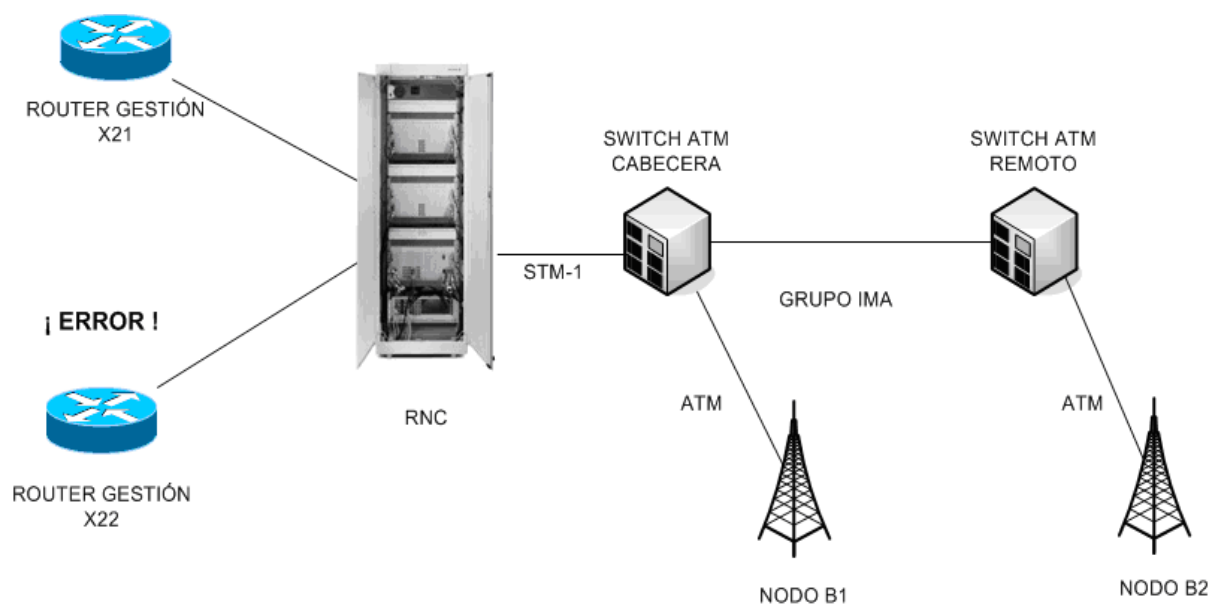


Figura 38 Ejemplo de transmisión UTRAN

6.2.1 Routers de gestión

Habitualmente en cada centro donde se ubica una RNC hay dos routers de gestión. Se instalan dos para obtener redundancia y más robustez ante fallos de línea. En estos routers se define un subinterfaz ATM y una ruta estática para cada nodo B con los datos implementados por el departamento de radio que ya se ha explicado en el capítulo anterior.

En los routers de gestión se deben definir los siguientes puntos:

- 1) El nombre del nodo: CATB0012
- 2) El nombre de la RNC de la que cuelga: CAT01R01
- 3) IP de gestión del nodo: 10.162.23.105
- 4) El VCI. El Virtual Channel es el puerto 20824 que está dentro del Virtual Path que se utiliza para que la RNC y el Router de Gestión tengan un puerto habilitado y reservado para ese nodo B.
- 5) La IP ATM Link y la HOP IP Address de cada router.

De manera que quedará como en la siguiente figura:

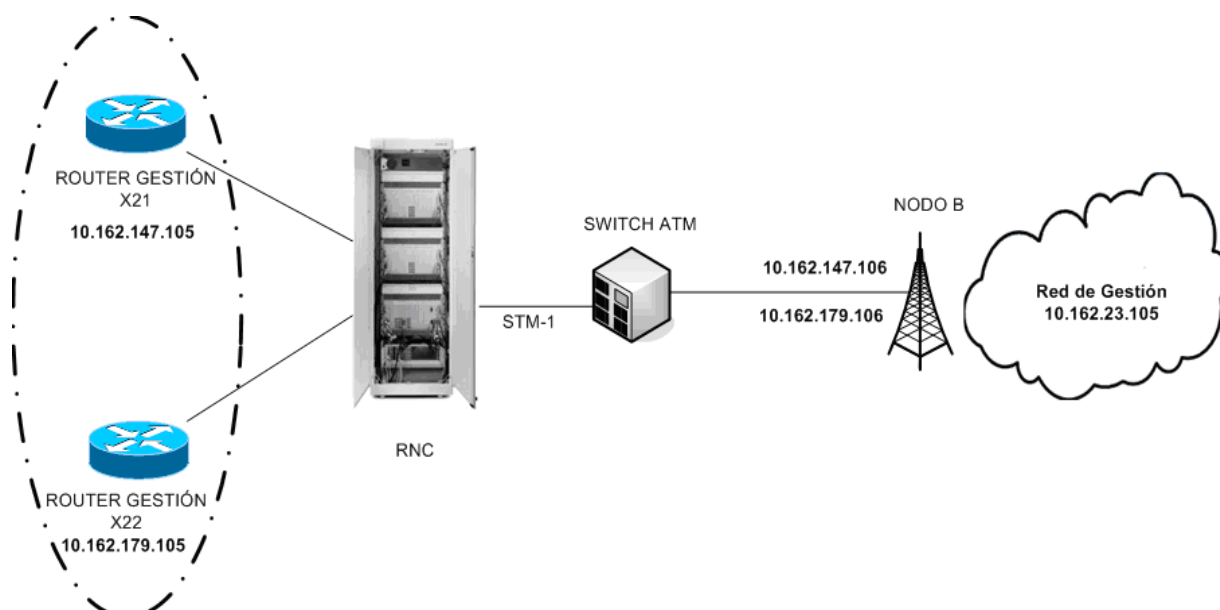


Figura 39 Routers de Gestión en la red UTRAN

6.2.2 Switch ATM

Otro de los elementos de transmisión en la parte UTRAN de una red UMTS son los Switch ATM. La funcionalidad de estos equipos, como parte integrante de la red UTRAN, es la optimización de los recursos de transmisión necesarios mediante su funcionalidad de agregación de tráfico a nivel ATM. Esto permite minimizar el impacto sobre la red de transmisión actual y la reducción de costes de alquiler de nuevos circuitos.

En la siguiente figura se ve un posible esquema de transmisión de red UMTS.

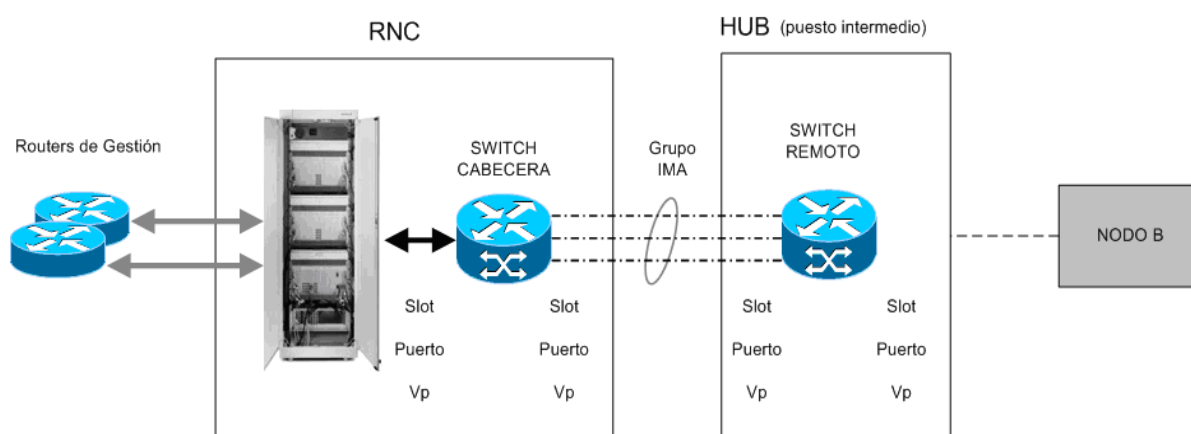


Figura 40 Switch ATM en la red UTRAN

Por tanto, en el switch tenemos que indicar que VP (VP 45) vamos a utilizar para llegar desde la RNC hasta el nodo y la posición de la tarjeta donante de la RNC ES2-26-2). También se define la categoría del servicio (IMA o ATM) y el tamaño de trama en celdas (que al ser de un E1 son 4500 celdas).

Para calcular el número de celdas de una trama E1 de 2Mb hay que saber que una celda equivale a 53 bytes, repartiendo 5 para cabecera y 48 para tráfico. Así pues,

$$48\text{bytes} \times 8\text{bits} = 384 \text{ bits}$$

donde los 384 bits son el tráfico por celda.

Por otro lado, 53 bytes que ocupa una celda, equivalen a 424 bits por celda, y si se dividen los 2Mb entre 424 bits por celda, se obtienen 4716 celdas de las cuales aproximando se utilizan 4500, pues existen sincronismos y señalizaciones que no están funcionando siempre y por tanto casi nunca se ocupa toda la trama.

6.2.3 Nodo B y RNC

6.2.3.1 Operación y Mantenimiento (MUB)

En el nodo B lo primero que hay que definir son las direcciones IP necesarias para llegar remotamente al nodo en cuestión.

Las IP's que se definen en el nodo son las mismas que se definen en los routers. Por una parte se define la Ethernet Link IP (10.162.23.105) que es la IP del nodo y sin la cual desde la RNC no se podría llegar al nodo. Por otra parte, se definen los IP ATM Link que son los que permiten llegar al nodo para su gestión por los Vc 32 y 33 y finalmente los HOP IP Address para que el router sepa por donde debe llevar la señal para llegar al nodo.

Al tener un switch ATM intermedio quedan dos lados o direcciones distintas en el switch, la que apunta al nodo B y la que apunta hacia la RNC. El lado del nodo B utiliza el VP 1 ya que únicamente sale un camino desde el switch hasta el nodo. Pero desde la RNC hasta el switch tenemos definido el VP 45 ya que hay múltiples VP's y cada uno de ellos transporta un nodo diferente.

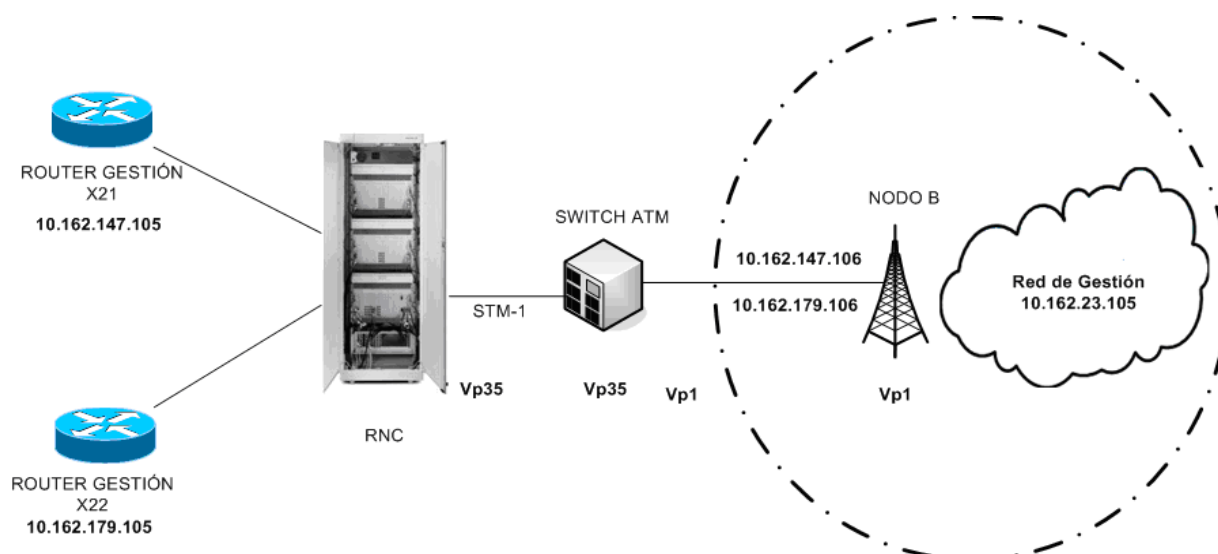


Figura 41 IP's del nodo B

El siguiente paso es que un técnico de campo configure la RBS “on site” con las IP's para que los routers, y la RNC reconozcan al nodo y se pueda llegar en remoto.

Ahora veremos el script que tiene que lanzar el técnico de campo en la RBS para configurar las IP's, los vc's y sincronismos y así se pueda continuar con la integración desde la RNC:

----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

```
<ConfigureOAMAccess>
<IPoverEthernet ethernetIpAddress="10.162.23.105"
ethernetSubnetMask="255.255.255.248"
/>
<IPoverATM>
<Connection
name="firstOAMatm"
etbSlot="1"
terminationType="E1"
physicalLine="1"
externalVpi="1"
externalVci="32"
vpPeakCellRate="4500"
atmIpAddress="10.162.147.106"
atmSubnetMask="255.255.255.252"
/>
<Connection
name="secondOAMatm"
```

6 INTEGRACIÓN DEL NODO B

```
etbSlot="1"
terminationType="E1"
physicalLine="1"
externalVpi="1"
externalVci="33"
vpPeakCellRate="4500"
atmIpAddress="10.162.179.106"
atmSubnetMask="255.255.255.252"
/>
</IPoverATM>
<Servers
isDefaultDomainName="YES"
defaultDomainName="catb0012.gestion.redamena.com"
dnsServerIpAddress="10.192.2.240"
/>
<StaticRouting>
<Route
hopIpAddress="10.162.147.105"
routeMetric="10"
redistribute="NO"
/>
<Route
hopIpAddress="10.162.179.105"
routeMetric="20"
redistribute="NO"
/>
</StaticRouting>
<NetworkSynch
synchSlot="1"
synchPort="1"
synchPriority="1"
/>
</ConfigureOAMAccess>
</SiteBasic>
```

----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

A continuación se implementa el script que hay que lanzar a la RNC también para configurar el VP, los VC's, el VCI y el nombre del nodo.

```
----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

////////////////////////////////////
// VclTp                                                                    //
//                                                                            //
// View: TransportNetwork                                                    //
////////////////////////////////////

CREATE
(
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=2S262_Iub"
    identity "vp45"
    moType VplTp
    exception none
    nrOfAttributes 3
        userLabel String "vp45"
        externalVpi Integer 45
        atmTrafficDescriptorReference "ManagedElement=1, TransportNetwork=1,
500"                                     AtmTrafficDescriptor=C1P4
)

CREATE
(
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=2S262_Iub,VplTp=vp45"
    identity "1"
    moType VpcTp
    exception none
    nrOfAttributes 1
        userLabel String "1"
)

CREATE
(
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=2S262_Iub,VplTp=vp45,VpcTp=1"
    identity "vc32"
    moType VclTp
    exception none
    nrOfAttributes 3
        userLabel String "vc32"
        atmTrafficDescriptorId Ref "ManagedElement=1, TransportNetwork=1,
```

6 INTEGRACIÓN DEL NODO B

```

AtmTrafficDescriptor=U4"

    externalVci Integer 32
)
CREATE
(
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=2S262_Iub,VplTp=vp45,VpcTp=1"
    identity "vc33"
    moType VclTp
    exception none
    nrOfAttributes 3
        userLabel String "vc33"
        atmTrafficDescriptorId Ref "ManagedElement=1, TransportNetwork=1,
                                   AtmTrafficDescriptor=U4"
        externalVci Integer 33
)
CREATE
(
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=0S062_OM,VplTp=vp100,VpcTp=1"
    identity "vc20824"
    moType VclTp
    exception none
    nrOfAttributes 3
        userLabel String "vc20824"
        atmTrafficDescriptorId Ref "ManagedElement=1, TransportNetwork=1,
                                   AtmTrafficDescriptor=U4"
        externalVci Integer 20824
)
CREATE
(
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=0S072_OM,VplTp=vp101,VpcTp=1"
    identity "vc20824"
    moType VclTp
    exception none
    nrOfAttributes 3
        userLabel String "vc20824"
        atmTrafficDescriptorId Ref "ManagedElement=1, TransportNetwork=1,
                                   AtmTrafficDescriptor=U4"
        externalVci Integer 20824
)
////////////////////////////////////
```

```
// AtmCrossConnection //
//
//
// View: TransportNetwork //
////////////////////////////////////
CREATE
(
  parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1"
  identity "Rbs0200121_MUB_1"
  moType AtmCrossConnection
  exception none
  nrOfAttributes 3
    userLabel String "Rbs0200121_MUB_1"
    VclTpAId Ref "ManagedElement=1, TransportNetwork=1, AtmPort=2S262_Iub,
                  VplTp=vp45, VpcTp=1,VclTp=vc32"
    VclTpBId Ref "ManagedElement=1, TransportNetwork=1, AtmPort=0S062_OM,
                  VplTp=vp100,VpcTp=1,VclTp=vc20824"
)
CREATE
(
  parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1"
  identity "Rbs0200121_MUB_2"
  moType AtmCrossConnection
  exception none
  nrOfAttributes 3
    userLabel String "Rbs0200121_MUB_2"
    VclTpAId Ref "ManagedElement=1, TransportNetwork=1, AtmPort=2S262_Iub,
                  VplTp=vp45,VpcTp=1,VclTp=vc33"
    VclTpBId Ref "ManagedElement=1, TransportNetwork=1, AtmPort=0S072_OM,
                  VplTp=vp101,VpcTp=1,VclTp=vc20824"
)
----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----
```

La forma más sencilla de comprobar la transmisión física y lógica es por ping. Una vez están definidos los routers, el switch, la RNC y el nodo B, si se lanza un ping desde la RNC al nodo o viceversa se debe obtener una respuesta. Si no hay respuesta, puede ser que falle algún punto que no esté bien definido o que la ruta física tenga algún problema.

A continuación se debe configurar en la RBS el “Site Equipment”. En este script se indica a la RBS el Hardware que tiene y los objetos relacionados con las antenas así como los parámetros de cada una de ellas. En nuestro caso, sólo hay una antena aunque en realidad esté ramificada en

muchas.

6.2.3.2 Tráfico (IUB)

En este apartado se define toda la estructura de objetos referente a la parte de la red de transporte del nodo. También se definen los Traffic Descriptor de ATM necesarios para cada AAL, todos los VC con su perfil excepto los de operación y mantenimiento (vc 32 y 33) que se explicaron en el paso anterior, la parte de tráfico, señalización y sincronismo.

RBS

La figura siguiente muestra un esquema de objetos con la configuración real de la red de transporte necesaria para integrar o poner en servicio un nodo B. Esta estructura es prácticamente idéntica a la configuración de transporte que se cargará posteriormente en la RNC.

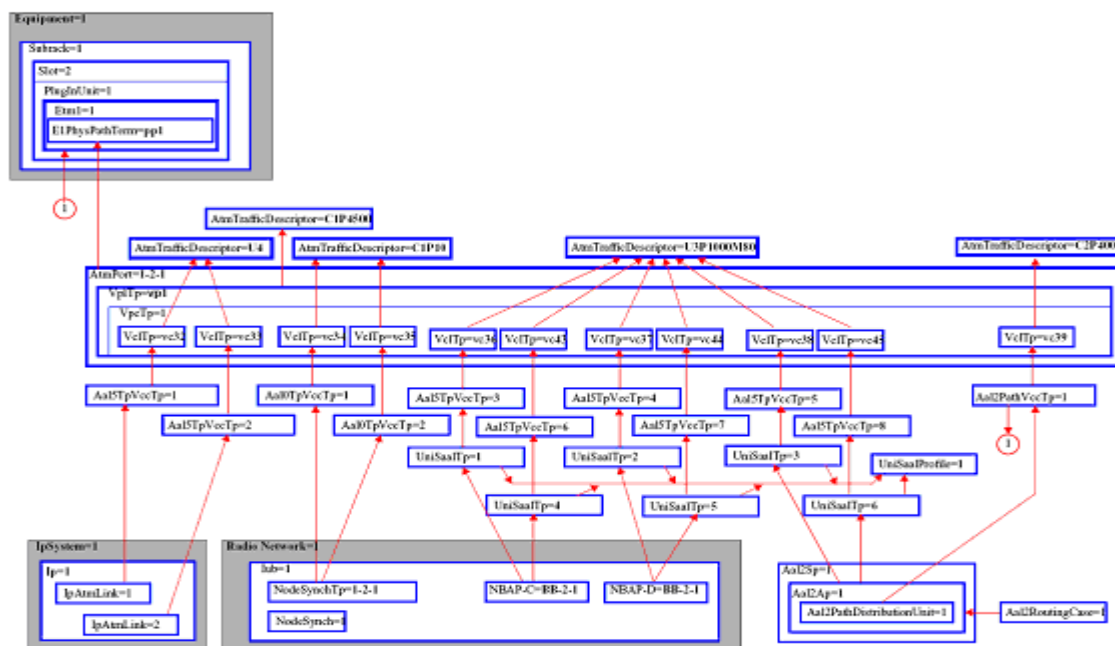


Figura 42 Esquema de objetos de transmisión IUB (Véase anexo 8 para formato grande)

Inicialmente se definen unos perfiles de ATM Traffic Descriptor, con los que se trabaja más adelante y sirven para crear perfiles de tráfico ATM.

Podemos diferenciar los Traffic Descriptors como CBR o UBR. El CBR (Constant Bit Rate) requiere una reserva fija de celdas en la línea.

Ejemplo: C1P10	C	CBR
	1	Calidad de servicio "1"
	P	Peak Cell Rate (Espacio reservado)
	10	10 celdas por segundo

Sin embargo, en el Traffic Descriptor UBR (Undefined Bit Rate) se reserva un mínimo de celdas y si hay espacio en la línea, se puede llegar a reservar hasta un máximo de celdas.

Ejemplo: U3P1000M80	U	UBR
	3	Calidad de servicio "3"
	P	Peak Cell Rate
	1000	1000 celdas por segundo como máximo
	M80	80 celdas por segundo como mínimo

Para UBR también existe la opción "U4". En este caso no se reserva nada y si se encuentran, en algún momento, celdas sobrantes en la línea, las ocupa. Tal y como se puede comprobar en la *Figura 42*, este tipo de tráfico se utiliza básicamente para la señalización en los VC 32 y 33.

Una vez sabemos el significado de los diferentes valores de Traffic Descriptor para cada VC, presentamos algunos ejemplos de VC y sus Traffic Descriptor.

Tal y como se comprobará en los diferentes ejemplos, todos los VC's que van al nodo B, van por el mismo VP (VP=1) y este VP llega siempre a la misma tarjeta (en nuestro caso es la CBU, en el slot 1).

Apreciamos en los siguientes ejemplos de scripts como se asocia el Traffic Descriptor a cada VC en función de las necesidades, el de tráfico será el de mayor volumen de celdas como es lógico, ya que es por donde se cursan las llamadas.

Ejemplo 1: Vc34 C1P10

----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

```
CREATE
(
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=1-1-1,Vp1Tp=vp1,
```

6 INTEGRACIÓN DEL NODO B

```
        VpcTp=1"
identity "vc34"
moType VclTp
exception none
nrOfAttributes 3
    userLabel String "vc34"
    atmTrafficDescriptorId Ref "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,
                                AtmTrafficDescriptor=C1P10"
    externalVci Integer 34
)
```

----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

Ejemplo 2: Vc36 U3P1000M30

```
----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----
CREATE
(
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=1-1-1,VplTp=vp1,
           VpcTp=1"
    identity "vc36"
    moType VclTp
    exception none
    nrOfAttributes 3
        userLabel String "vc36"
        atmTrafficDescriptorId Ref "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,
                                    AtmTrafficDescriptor=U3P1000M30"
        externalVci Integer 36
)
```

----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

Ejemplo 3: Vc39 C2P4000. Transporta el tráfico de los abonados.

----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

```
CREATE
(
```

```

parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=1-1-1,VplTp=vp1,
      VpcTp=1"
identity "vc39"
moType VclTp
exception none
nrOfAttributes 3
  userLabel String "vc39"
  atmTrafficDescriptorId Ref "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,
                             AtmTrafficDescriptor=C2P4000"
  externalVci Integer 39
)

```

----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

La siguiente figura muestra la configuración que vamos a crear a continuación. En ella se aprecia, por ejemplo, que dentro del VP único, la señalización NBAP-C viaja en AAL5 por el VC36 y 43 y todo ello dentro del interfaz Iub.

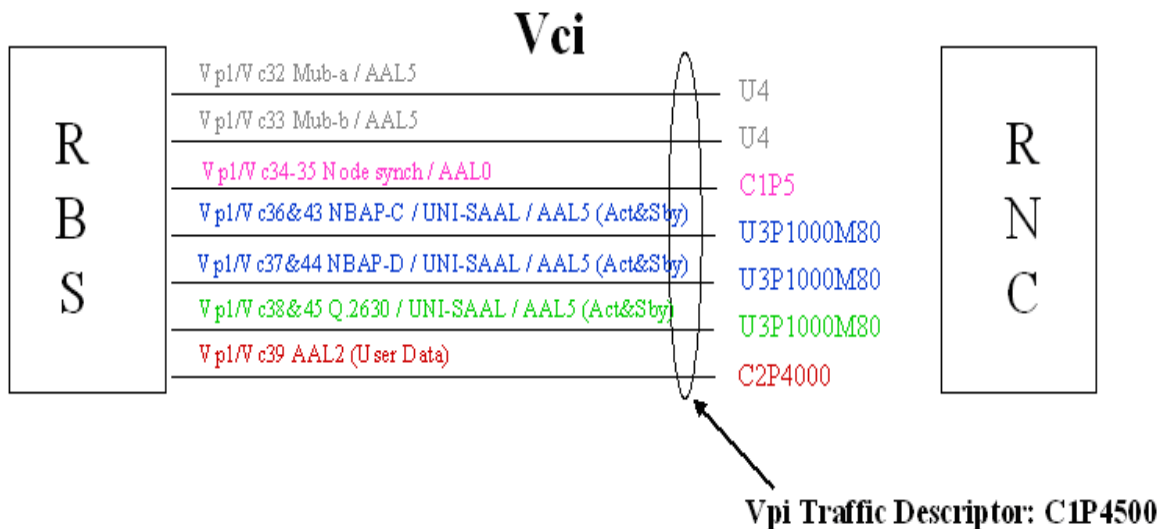


Figura 43 Vci's que se definen dentro del Iub

A partir de esta figura comprobamos que hay diferentes tipos de AAL:

- 1) AAL0: Transportan sincronismo.
- 2) AAL2: Transportan tráfico.
- 3) AAL5: Transportan señalización.

6 INTEGRACIÓN DEL NODO B

En primer lugar se crea el interfaz lógico Iub:

```
----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

CREATE
(
parent "ManagedElement=1,NodeBFunction=1"
identity "Iub_0200121"
moType Iub
exception none
nrOfAttributes 2
userLabel String "IubLink Iub_0200121"
rbsId Integer 0200121
)
CREATE
(
parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1"
identity "1"
moType Aal2Sp
exception none
nrOfAttributes 2
userLabel String "Aal2Sp 1"
a2ea String "108010000000121"
)

----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----
```

Aquí se define la AESA que hemos explicado en el capítulo anterior. Es un identificador de longitud 15. En una comunicación Q.2630 hay que preguntarse: ¿Quién soy yo? Esa identidad es la AESA; pero también hay que preguntarse: ¿Quién es él? Es el AESA de destino (la RNC u otra RBS).

A continuación se crean los AAL5, asociados a los VC 36, 37, 38, 43, 44 y 45, donde les asignamos el procesador con el que trabajarán a la hora de señalizar, ya que recordemos que el AAL5 transporta la señalización.

```
----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----  
  
CREATE  
(  
    parent "ManagedElement=1,TransportNetwork=1"  
    identity "bca"  
    moType Aal5TpVccTp  
    exception none  
    nrOfAttributes 6  
    userLabel String "Aal5TpVccTp bca"  
    continuityCheck Boolean true  
    VclTpId Ref "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,AtmPort=1-1-1,VplTp=vp1,  
                VpcTp=1, VclTp=vc36"  
    fromUserMaxSduSize Integer 2048  
    toUserMaxSduSize Integer 2048  
    processorId Ref "ManagedElement=1,Equipment=1,Subrack=1,Slot=1,PlugInUnit=1"  
)  
  
----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----
```

El siguiente paso en la integración del nodo es la definición de la señalización entre el nodo y la RNC. Esta señalización siempre la genera la RNC. La señalización NBAP entre la RNC y un móvil sirve para el establecimiento de una conexión y el mantenimiento de la misma. Se transporta en el interfaz aire por canales de señalización comunes (NBAP-C para el establecimiento) y dedicados (NBAP-D para el mantenimiento). En cambio, la señalización Q.2630 se utiliza para las conexiones AAL2 del tráfico de usuario.

A continuación se muestra el script de creación del NBAP-C como ejemplo:

```
----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----  
  
CREATE  
(  
    parent "ManagedElement=1,NodeBFunction=1,Iub=Iub_0200121"  
    identity "1"  
    moType NsapCommon  
    exception none  
    nrOfAttributes 3  
    userLabel String "NsapCommon 1"  
    uniSaalTpRef1 Ref "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,UniSaalTp=bca"
```

6 INTEGRACIÓN DEL NODO B

```
uniSaalTpRef2 Ref "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,UniSaalTp=bsb"  
)
```

----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

En este script se comprueba que también es donde se definen los servicios que puede ofrecer la RBS. Actualmente, las clases de servicios de tráfico están repartidas de la siguiente manera:

- 1) Clase A: Voz.
- 2) Clase B: CS y PS
- 3) Clase C: HSDPA
- 4) Clase D: No se utiliza.

Finalmente, para transportar el sincronismo se crean los AAL0. El nodo B coge la referencia de sincronismo del E1 de 2Mb que viene de la RNC.

Veamos el ejemplo de creación del AAL0:

----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

```
CREATE  
(  
    parent "ManagedElement=1,NodeBFunction=1,Iub=Iub_0200121"  
    identity "1"  
    moType NodeSynchTp  
    exception none  
    nrOfAttributes 3  
        userLabel String "NodeSynchTp 1"  
        aal0TpRef1 Ref "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,Aal0TpVccTp=bsa1"  
        aal0TpRef2 Ref "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,Aal0TpVccTp=bsa2"  
)
```

----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----

para dar el siguiente paso que es la activación del mismo:

```
----- INICIO DEL CODIGO DEL SCRIPT -----  
  
/ACTION  
/(  
/  actionName addSyncRefResource  
/  mo "ManagedElement=1,TransportNetwork=1,Synchronization=1"  
/  exception none  
/  nrOfParameters 2  
/    Ref "ManagedElement=1,Equipment=1,Subrack=1,Slot=1,PlugInUnit=1,TimingUnit=1,  
    TuSyncRef=1"  
/    Integer 3  
/    returnValue none  
/)  
  
----- FIN DEL CODIGO DEL SCRIPT -----
```

Con estos ejemplos de scripts habríamos acabado con la carga de datos en el nodo B. Ahora faltarían los pasos parecidos en la RNC.

RNC:

La definición del Iub en la RNC se compone de los mismos elementos que en el nodo B. Los VC's serán los mismos, las funciones de los objetos también y la única diferencia se encuentra en las distintas conexiones físicas de los E1, ya que cada nodo que llega a la RNC va por un E1 y por tanto por un VP diferente.

6.2.3.3 Definición de parámetros específicos de Radio

Estos parámetros son exclusivos de la RNC y son la última carga en la RNC para finalizar la integración. En este script se cargan todos los datos definidos en el apartado 6.2.1 (Datos físicos del departamento de Radio).

Además se cargan unos niveles de potencia de canales físicos que vienen predefinidos hasta que, una vez integrado el nodo, el departamento de optimización haga sus estudios y controles de calidad y decida modificar estos valores.

Sobre estos valores cabe destacar dos valores para dedicarles algunas líneas.

Se destaca por un lado el CID (Cell Identity) que es la identidad de la celda y es único por RNC.

6 INTEGRACIÓN DEL NODO B

Este parámetro se utiliza entre otras funciones para conocer el posicionamiento de un móvil. El móvil, cuando transmite, indica el CID al que está “enganchado” y por eso podemos posicionarlo.

Otro parámetro interesante es el “PRIMARY SCR CODE” (Primary Scrambling Code). Cada fuente emisora viene identificada por su código de scrambling, por lo tanto es necesario asignar un código de scrambling tanto a los nodos B como a los UE (terminales móviles).

En UL hay un total de 224 códigos de scrambling para asignar a los distintos UE en canal dedicado. Esta asignación la realiza la RNC.

En total, de todos los códigos existentes en DL, sólo se utilizan 512 códigos primarios, distribuidos en 64 grupos de 8 códigos cada uno. Esta clasificación en grupos se realiza para acelerar el proceso de búsqueda (Cell Search).

El objeto a la hora de repartir los códigos de scrambling en DL es evitar que en cualquier punto de la red puedan llegar dos celdas con el mismo código de scrambling. Por lo tanto, es necesario realizar una planificación por códigos, si bien esta tarea no es muy crítica ya que disponemos de 512 códigos.

7 CONCLUSIONES

A continuación se explicarán las conclusiones que se pueden extraer de este proyecto:

- 1) Se ha realizado una búsqueda de los diferentes departamentos que implementan la integración de un nodo B. Además hemos introducido en el proyecto, como ejemplo, el Campus de Vilanova.
- 2) Nos hemos puesto en el lugar de cada uno de estos departamentos para explicar cuales son sus funciones, los datos que necesitan, que estudios siguen y como los transmiten al siguiente departamento para que se pueda continuar con la integración.
- 3) Hemos desglosado cada uno de los datos que se requieren para la integración para que así este proyecto tenga una función pedagógica además de ilustrativa. De la misma forma, con el ejemplo recreado en el Campus de Vilanova, le hemos dado una parte práctica a este proyecto para que no sea todo teórico sin poder demostrar cálculos y materiales.
- 4) Y hemos concluido los apartados explicando el porque de las elecciones que hemos realizado, al igual, que en momentos en los que se podía elegir, hemos ejemplarizado nuestras elecciones.

Además hemos demostrado como para estudiar la cobertura de una zona, es más importante el cálculo por cobertura que por capacidad.

También se ha explicado el equipamiento de nuestro nodo según las necesidades que queríamos cubrir, tanto por cobertura como por servicios. Hemos implementado nuestro nodo con el equipamiento necesario para que ofrezca todos los servicios más innovadores, incluido el HSUPA.

Hemos resuelto de forma acertada el hecho de que en el edificio A el Campus ofrece WiFi a sus estudiantes, aprovechando para dar cobertura con un solo nodo al edificio A y a la biblioteca. Y por último, hemos definido todos los datos que se requieren para la integración de nuestro nodo B.

En definitiva se ha conseguido el objetivo propuesto en el proyecto de dar cobertura “indoor” al Campus de Vilanova con una red de telefonía móvil de tercera generación, demostrando valores e implementaciones con ejemplos o explicaciones.

A nivel personal, la realización de este proyecto ha significado el final de un largo, pero gratificante camino, que ha sido durante años esta carrera y de lo cual no me arrepiento.

ANEXOS

Anexo 1 : Tablas Erlang-B

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Tabla ERLANG-B de 0 a 51 circuitos

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
52	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317	52
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981	53
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645	54
55	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	55
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	56
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	57
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	58
59	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	59
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	60
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	61
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96	62
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	64
65	50.270	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96	65
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	66
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	67
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	68
69	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62	69
70	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	70
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.930	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.226	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.998	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.152	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26	88
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89
90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.134	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Tabla ERLANG-B de 51 a 101 circuitos

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
102	84.225	84.849	85.419	85.946	89.910	92.774	97.289	106.30	123.13	167.58	102
103	85.155	85.783	86.357	86.888	90.880	93.765	98.314	107.40	124.38	169.25	103
104	86.086	86.718	87.296	87.830	91.850	94.756	99.339	108.50	125.63	170.91	104
105	87.017	87.653	88.235	88.773	92.821	95.747	100.36	109.60	126.87	172.58	105
106	87.948	88.589	89.175	89.716	93.791	96.738	101.39	110.70	128.12	174.25	106
107	88.880	89.525	90.115	90.660	94.763	97.730	102.42	111.79	129.36	175.91	107
108	89.812	90.462	91.055	91.604	95.734	98.722	103.44	112.89	130.61	177.58	108
109	90.745	91.399	91.996	92.548	96.706	99.715	104.47	113.99	131.86	179.24	109
110	91.678	92.336	92.937	93.493	97.678	100.71	105.49	115.09	133.10	180.91	110
111	92.612	93.274	93.879	94.438	98.651	101.70	106.52	116.19	134.35	182.58	111
112	93.546	94.212	94.821	95.384	99.624	102.69	107.55	117.29	135.59	184.24	112
113	94.481	95.151	95.764	96.330	100.60	103.69	108.57	118.39	136.84	185.91	113
114	95.416	96.090	96.707	97.277	101.57	104.68	109.60	119.49	138.09	187.57	114
115	96.352	97.030	97.650	98.223	102.54	105.68	110.63	120.58	139.33	189.24	115
116	97.287	97.970	98.594	99.171	103.52	106.67	111.66	121.68	140.58	190.91	116
117	98.224	98.910	99.538	100.12	104.49	107.66	112.69	122.78	141.83	192.57	117
118	99.160	99.851	100.48	101.07	105.47	108.66	113.71	123.88	143.07	194.24	118
119	100.10	100.79	101.43	102.01	106.44	109.66	114.74	124.98	144.32	195.91	119
120	101.04	101.73	102.37	102.96	107.42	110.65	115.77	126.08	145.57	197.57	120
121	101.97	102.68	103.32	103.91	108.39	111.65	116.80	127.18	146.81	199.24	121
122	102.91	103.62	104.26	104.86	109.37	112.64	117.83	128.28	148.06	200.90	122
123	103.85	104.56	105.21	105.81	110.35	113.64	118.86	129.38	149.31	202.57	123
124	104.79	105.50	106.16	106.76	111.32	114.64	119.89	130.48	150.55	204.24	124
125	105.73	106.45	107.10	107.71	112.30	115.63	120.92	131.58	151.80	205.90	125
126	106.67	107.39	108.05	108.66	113.28	116.63	121.95	132.68	153.05	207.57	126
127	107.61	108.34	109.00	109.61	114.25	117.63	122.98	133.78	154.29	209.23	127
128	108.55	109.28	109.95	110.57	115.23	118.62	124.01	134.88	155.54	210.90	128
129	109.49	110.22	110.90	111.52	116.21	119.62	125.04	135.99	156.79	212.57	129
130	110.43	111.17	111.85	112.47	117.19	120.62	126.07	137.09	158.03	214.23	130
131	111.37	112.12	112.79	113.42	118.17	121.62	127.10	138.19	159.28	215.90	131
132	112.31	113.06	113.74	114.38	119.15	122.62	128.13	139.29	160.53	217.57	132
133	113.26	114.01	114.69	115.33	120.12	123.61	129.16	140.39	161.77	219.23	133
134	114.20	114.95	115.64	116.28	121.10	124.61	130.19	141.49	163.02	220.90	134
135	115.14	115.90	116.59	117.24	122.08	125.61	131.22	142.59	164.27	222.56	135
136	116.09	116.85	117.54	118.19	123.06	126.61	132.25	143.69	165.52	224.23	136
137	117.03	117.80	118.50	119.14	124.04	127.61	133.28	144.80	166.76	225.90	137
138	117.97	118.74	119.45	120.10	125.02	128.61	134.32	145.90	168.01	227.56	138
139	118.92	119.69	120.40	121.05	126.00	129.61	135.35	147.00	169.26	229.23	139
140	119.86	120.64	121.35	122.01	126.98	130.61	136.38	148.10	170.50	230.90	140
141	120.81	121.59	122.30	122.96	127.97	131.61	137.41	149.20	171.75	232.56	141
142	121.75	122.54	123.26	123.92	128.95	132.61	138.44	150.30	173.00	234.23	142
143	122.70	123.49	124.21	124.88	129.93	133.61	139.48	151.41	174.25	235.89	143
144	123.64	124.44	125.16	125.83	130.91	134.61	140.51	152.51	175.49	237.56	144
145	124.59	125.39	126.11	126.79	131.89	135.61	141.54	153.61	176.74	239.23	145
146	125.54	126.34	127.07	127.75	132.87	136.61	142.57	154.71	177.99	240.89	146
147	126.48	127.29	128.02	128.70	133.86	137.61	143.61	155.82	179.24	242.56	147
148	127.43	128.24	128.98	129.66	134.84	138.61	144.64	156.92	180.48	244.23	148
149	128.38	129.19	129.93	130.62	135.82	139.62	145.67	158.02	181.73	245.89	149
150	129.32	130.14	130.88	131.58	136.80	140.62	146.71	159.12	182.98	247.56	150
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Tabla ERLANG-B de 101 a 151 circuitos

Anexo 2 : Acoplador

Multi-band Low-loss Power Tappers 800–2500

KATHREIN
Antennen · Electronic

For indoor use

2-way-Tapper 800–2500 6.0 /1.0dB
2-way-Tapper 800–2500 10.4/0.4dB
2-way-Tapper 800–2500 15.1/0.1dB

Type No.	860 10020	860 10021	860 10022
Frequency range	800 – 2500 MHz		
Tp Loss			
Input ↔ P ₁	– 1.0 dB	– 0.4 dB	– 0.1 dB
Input ↔ P ₂	– 6.0 dB	– 10.4 dB	– 15.1 dB
For connecting ... antennas	2		
Insertion loss	< 0.05 dB		
Impedance	50 Ω		
VSWR	< 1.5		
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< –150 dBc		
Max. power	100 W (at 50 °C ambient temperature)		
Connector	N female		
Weight	approx. 0.5 kg		
Profile cross-section	25 x 25 mm		
Packing size	267 x 95 x 111 mm		
Max. size	244 / 64 / 25 mm		

Material:

Housing: Aluminum.
Inner conductor: Brass.

DC capability:

DC transmission only between input and port P₁.
P₂ is coupled capacitively.



Subject to alteration.
808 2266

Internet: <http://www.kathrein.de>

KATHREIN-Werke KG · Anton-Kathrein-Straße 1 – 3 · PO Box 10 04 44 · D-83004 Rosenheim · Germany · Telephone +49 8031 1 84-0 · Fax +49 8031 1 84-9 73

page 1 of 1 **860 10020–22**

Anexo 3 : Divisor

Multi-band Low-loss Power Splitters 800–2500

KATHREIN
Antennen · Electronic

For indoor use.

2-way Splitter 800–2500

3-way Splitter 800–2500

4-way Splitter 800–2500

Type No.	860 10017	860 10018	860 10019
Frequency range	800 – 2500 MHz		
For connecting ... antennas	2	3	4
Insertion loss	< 0.05 dB		
Impedance	50 Ω		
Tap Loss	< 3	< 3	< 3.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< –150 dBc		
Max. power	100 W (at 50 °C ambient temperature)		
Connector	N female		
Weight	approx. 0.6 kg		
Profile cross-section	25 x 25 mm		
Packing size	242 x 110 x 95 mm		
Max. size	204 / 63 / 41 mm		

Material: Housing: Aluminum.
Inner conductor: Brass.

DC capability: DC transmission between all terminations
(suitable for remote power supply systems).



Input
860 10019

938 2248 Subject to alteration.

Internet: <http://www.kathrein.de>

KATHREIN-Werke KG · Anton-Kathrein-Straße 1 – 3 · PO Box 10 04 44 · D-83004 Rosenheim · Germany · Telephone +49 8031 1 84-0 · Fax +49 8031 1 84-9 73

page 1 of 1 860 10017–19

Anexo 4 : Antena Omnidireccional


741 573

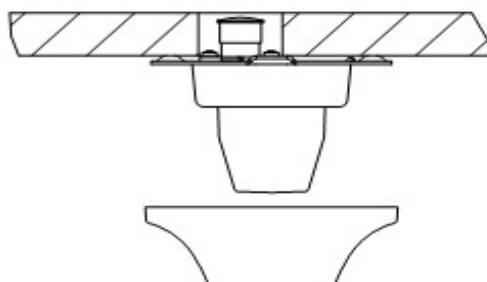
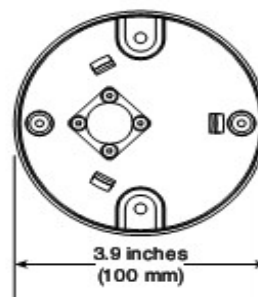
Wideband Omnidirectional Indoor Antenna

The Kathrein 741 573 is a broadband omnidirectional antenna designed for indoor installations. It can be used for systems operating in the 1710–2500 MHz spectrums. Typical applications include cellular microcells, paging, data networking, and PCS.

The very compact and low profile design incorporates its own ground plane which also attaches it to the ceiling or other mounting surface.

Specifications:

Frequency range	1710–2500 MHz (broadband)
Gain	2 dBi
Impedance	50 ohms
VSWR	1710–1880 MHz <1.6:1
	1850–1990 MHz <1.6:1
	1920–2170 MHz <1.6:1
	2170–2500 MHz <2:1
Polarization	Vertical
Maximum input power	50 watts (at 50°C)
H-plane beamwidth	Omni
Connector	N female
Weight	0.33 lb (0.15 kg)
Dimensions	3.9 x 3.9 x 2 inches (100 x 100 x 50 mm)
Mounting	Mounts to ceiling using screws. A 1.4 in. (35 mm) hole is required for the N connector.



Clip the protective housing into position after the antenna has been mounted using the supplied screws

Order Information:

Model	Description
741 573 IDBO-2100N	Omnidirectional indoor antenna



All specifications are subject to change without notice.
The latest specifications are available at www.kathrein-scala.com.

Kathrein Inc., Scala Division Post Office Box 4580 Medford, OR 97501 (USA) Phone: (541) 779-6500 Fax: (541) 779-3991
Email: communications@kathrein.com Internet: www.kathrein-scala.com

Anexo 5 : Antena de panel

HUBER+SUHNER® PLANAR ANTENNA FOR WIRELESS COMMUNICATION

SPA 2000/80/8/0/V

Technical Data

Electrical Properties	
Frequency range	1710 - 2170 MHz
Impedance	50 Ω
VSWR	1.8
Polarization	linear, vertical
Gain	8.0 dBi
3 dB beamwidth horizontal	80°
3 dB beamwidth vertical	75°
Downtilt	0°
Front to back ratio	18 dB
Max. power	75 W [CW] at 25°C

Mechanical Properties

Dimensions	101 x 80 x 20 mm (3.97" x 3.15" x 0.79")
Weight	0.13 kg (0.29 lbs.)
Radome material	ASA
Radome color	RAL 7035 (light grey)
Operating temperature range	-40°C to +80°C
Storage temperature range	-40°C to +80°C
Windload	15 N at 160km/h (100mph)

Available Types

Article no.	
1320.19.0001	23005585 SMA female
1320.26.0001	23005586 TNC female
1320.99.0001	23036082 TNC female pigtail (RG-58 C/U, 0.3 m)

Mounting Hardware

Article no.	
9091.99.0191	84011560 Optional wall mounting bracket for railway applications.

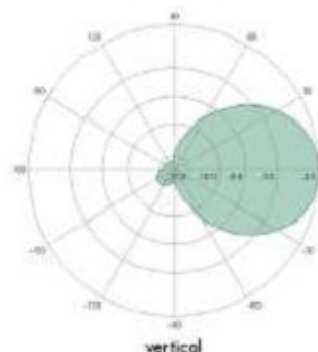
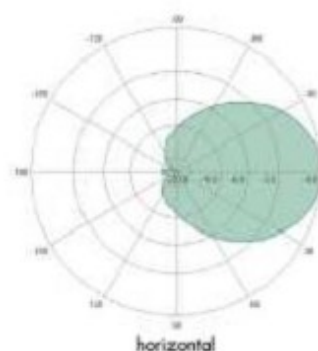
Wall and mast mounting bracket (1 metal band) included, mast diameter
40-60 mm (1.57" - 2.36")

Documents

01.02.0777	security instruction
01.02.1033	mounting instruction
01.02.1111	mounting instruction (9091.99.0191)



Radiation Pattern



Anexo 6: Cable

1/2" Superflexible Foam Dielectric, FSJ Series – 50-ohm



FSJ4-50B

Description	Type No.
Cable Ordering Information	
Standard Superflexible Cable	
1/2" Standard Cable, Standard Jacket	FSJ4-50B
Fire Retardant Cables	
1/2" Fire Retardant Jacket (CATVX)	FSJ4RN-50B
1/2" Fire Retardant Jacket (CATVR)	FSJ4RN-50B
Low VSWR and Specialized Cables	
1/2" Low VSWR, specify operating band	FSJ4P-50(**)
Phase Stabilized and Phase Measured Cable	See page 590
Jumper Cable Assemblies – See page 584	
** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 487	
Characteristics	
Electrical	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	10.2
Velocity, percent	81
Peak Power Rating, kW	15.6
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.82 (2.69)
Outer	1.00 (3.28)
dc Breakdown, volts	2500
Jacket Spark, volts RMS	5000
Capacitance, pF/ft (m)	25.2 (82.7)
Inductance, pH/ft (m)	0.0625 (0.205)
Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper-Clad Aluminum
Diameter over Jacket, standard jacket, in (mm)	0.52 (13.2)
Diameter over Jacket, fire-retardant jacket, in (mm)	0.53 (13.5)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.48 (12.2)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.142 (3.6)
Minimum Bending Radius, in (mm)	1.25 (32)
Number of Bends, minimum (typical)	20 (50)
Bending Moment, lb-ft (N-m)	2.0 (2.7)
Cable Weight, lb/ft. (kg/m)	0.14 (0.21)
Tensile Strength, lb (kg)	175 (80)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	110 (1.9)

Attenuation and Average Power Ratings

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power, kW
0.5	0.070	0.231	15.6
1	0.100	0.327	15.6
1.5	0.122	0.401	15.6
2	0.141	0.463	15.6
10	0.318	1.04	10.1
20	0.453	1.49	7.07
30	0.557	1.83	5.75
50	0.724	2.38	4.42
88	0.971	3.19	3.30
100	1.04	3.41	3.08
108	1.08	3.55	2.96
150	1.28	4.21	2.49
174	1.39	4.56	2.30
200	1.50	4.91	2.14
300	1.86	6.09	1.72
400	2.17	7.12	1.48
450	2.31	7.59	1.38
500	2.45	8.04	1.31
512	2.48	8.15	1.29
600	2.71	8.89	1.18
700	2.95	9.68	1.09
800	3.18	10.4	1.01
824	3.23	10.6	0.991
894	3.38	11.1	0.947
960	3.52	11.6	0.909
1000	3.60	11.8	0.889
1250	4.09	13.4	0.783
1500	4.54	14.9	0.705
1700	4.88	16.0	0.656
1800	5.05	16.6	0.634
2000	5.37	17.6	0.597
2100	5.53	18.1	0.580
2200	5.68	18.6	0.564
2300	5.83	19.1	0.549
3000	6.84	22.4	0.469
3400	7.38	24.2	0.435
4000	8.15	26.7	0.394
5000	9.35	30.7	0.343
6000	10.5	34.4	0.306
8000	12.6	41.4	0.254
10000	14.6	47.9	0.220
10200	14.8	48.5	0.217

Standard Conditions:

For attenuation, VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power, VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F), no solar loading.

Anexo 7 : Repetidor UMTS



RETEMSA
Redes de Telefonía Móvil, S.A.

CHANNELED REPEATERS UMTS

3G repeater



MODEL UMTS3H-XXXC2T
UMTS / 17 dBm 2 channels



Quick deployment and cost effective coverage outdoor applications.



PC repeater configuration software

PRODUCT DESCRIPTION

RETEMSA's channeled repeater is a bidirectional superheterodyne receiver / transmitter that has been designed to provide coverage in outdoor areas with low levels of signal.

RETEMSA also has other Standard interfaces like optic fiber or radiating cable to specific applications.

PRODUCT FEATURES

- **Channeled repeater** for UMTS (3G) systems.
- Full-duplex configuration based on heterodyne structure over 230 MHz
- Output power up to **20 dBm** / 1 channel or 17 dBm / 2 channels.
- Bandwidth 5 or 15 MHz.
- Gain from 45 to 90 dB, adjustable in steps of 1 dB with a Windows ® compatible software.
- Dynamic margins 65 Db
- Full **3GPP TS 25.143 V 6.0.0 – COMPLIANT**
- Automatic Level Control loops to suppress unwanted disturbing radio signals
- Remotely controlled model can be managing with a standard computer and a modem (9600 bauds).
- Windows interface for configuration all parameters: uplink and downlink gain, ALC loops, channels.

www.retemsa.com



RETEMSA
Redes de Telefonía Móvil, S.A.



CHANNELED REPEATERS UMTS

3G repeater

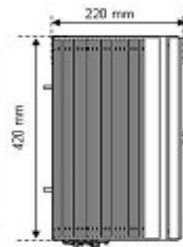
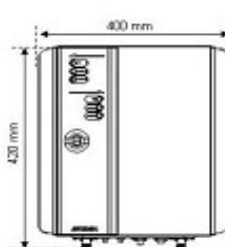
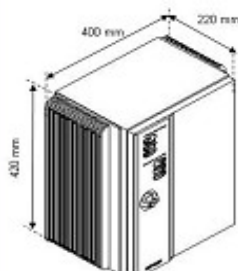
ELECTRICAL SPECIFICATIONS AT $T_a=25^{\circ}\text{C}$:

Parameters	Test Conditions	Downlink		Uplink		Units
Work Band	At -3 dB	2170-2110		1920-1980		MHz
BandWidth	At -3 dB	5 or 15		5 or 15		KHz
Parameters	Test Conditions	1 CH	2 CH	1 CH	2 CH	Units
OutPut power	1dB compression	+20	+17	+20	+17	dBm
Input sat. Level (1 carrier)	1 carrier	-10	-10	-10	-10	dBm
Out of band gain (Ref: 0 dB)		± 1 MHz		± 2 MHz		
		Min	Typ	Max	Min	Typ
Uplink			-60			-70
Downlink			-60			-70
Parameters	Minimum	Typical		Maximum		Units
Uplink Gain (1 dB step, software configurable)	45	80		82		dB
Downlink Gain (1 dB step, software configurable)	45	80		82		dB
In Band Ripple		± 1.5				dB
ALC window		65				dB
Uplink Excitability		-104				dBm
Downlink excitability		-104				dBm
Noise factor		4				dB
In/Out impedance		50				Ω
Return losses				-12		dB
Group Delay		3				μs
Power supply AC levels	100	220		240		Vac
Power consumption		80				W

MECHANICAL AND ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS:

RF connectors	N Female	Other options by demand
MTBF	100.000 Hours	CE ETSI
Temperature range	-35°C to 55° C	IP 65
Package Dimensions (mm)	WxHxD	400x420x220 mm

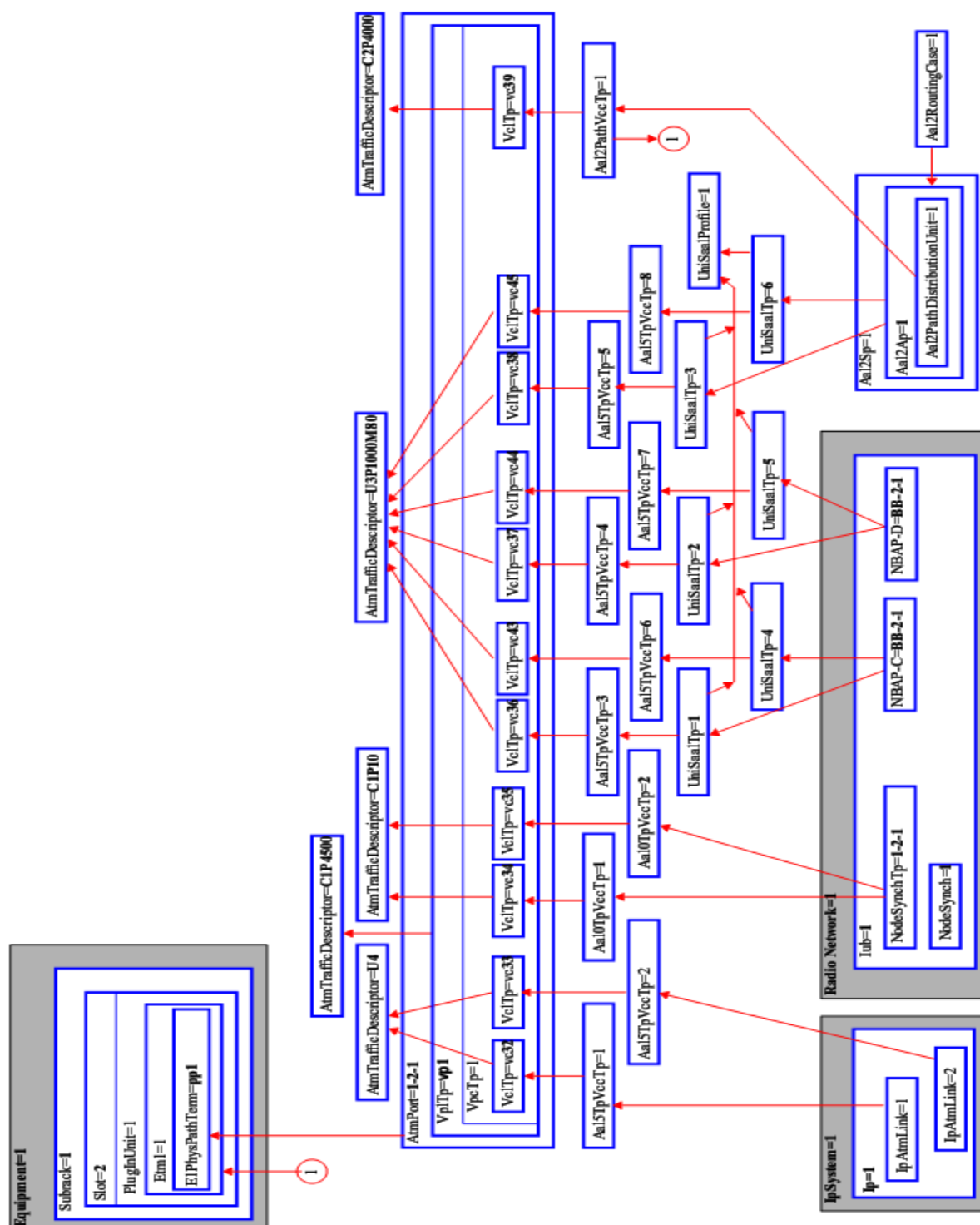
¹ Factory defaults. Manufactured under ISO 9002.



www.retemsa.com



Anexo 8 : Esquema de objetos de transmisión IUB



Índice de ilustraciones

Figura 1 Situación de los edificios.....	1
Figura 2 Receptores monousuario y multiusuario.....	10
Figura 3 Densidades espectrales de potencia en espectro ensanchado.....	13
Figura 4 Rechazo a interferencias de banda estrecha.....	13
Figura 5 Arquitectura de red UMTS.....	15
Figura 6 Arquitectura UTRAN.....	17
Figura 7 Espectro de IMT-2000.....	18
Figura 8 Estructura jerárquica.....	31
Figura 9 RBS3303 (datos expresados en mm).....	32
Figure 10 RBS 3303 GPB-based Hardware Units.....	38
Figura 11 RBS 3303 CBU-based Hardware Units.....	40
Figura 12 Antena Omnidireccional Indoor.....	44
Figura 13 Antena de Panel Indoor.....	44
Figura 14 Cobertura Antena de Panel Indoor.....	45
Figura 15 Modelos de Acopladores.....	45
Figura 16 Modelos de Divisores.....	46
Figura 17 Efecto del terreno en la propagación.....	47
Figura 18 Esquema principal Edificio A.....	48
Figura 19 Esquema de cableado Planta 1.....	49
Figura 20 Resultado de potencias sin atenuación de cable Planta 1.....	50
Figura 21 Esquema de cableado Planta 0.....	53
Figura 22 Resultado de potencias sin atenuación de cable Planta 0.....	54
Figura 23 Esquema de cableado Planta 2.....	56
Figura 24 Resultado de potencias sin atenuación de cable Planta 2.....	57
Figura 25 Esquema de cableado Planta 3.....	58
Figura 26 Resultado de potencias sin atenuación de cable Planta 3.....	59
Figura 27 Repetidor UMTS23H-XXXC2T.....	60
Figura 28 Esquema de cableado Biblioteca.....	62
Figura 29 Resultado de potencias sin atenuación de cable Biblioteca Modelo A.....	63
Figura 30 Resultado de potencias sin atenuación de cable Biblioteca Modelo B.....	63
Figura 31 Esquema de cableado Aulario Planta Baja.....	64
Figura 32 Esquema de cableado Aulario Primera Planta.....	65
Figura 33 Resultado de potencias sin atenuación de cable Aulario Modelo A.....	65
Figura 34 Resultado de potencias sin atenuación de cable Aulario Modelo B.....	66
Figura 35 Ejemplo de topología de red de acceso UMTS.....	73
Figura 36 Red de acceso UTRAN.....	85
Figura 37 Interfaz Iub.....	86
Figura 38 Ejemplo de transmisión UTRAN.....	89
Figura 39 Routers de Gestión en la red UTRAN.....	90
Figura 40 Switch ATM en la red UTRAN.....	90
Figura 41 IP's del nodo B.....	92
Figura 42 Esquema de objetos de transmisión IUB.....	97
Figura 43 Vci's que se definen dentro del Iub.....	100
Anexo 1 Tabla ERLANG-B de 0 a 51 circuitos.....	111

Anexo 1 Tabla ERLANG-B de 51 a 101 circuitos.....	113
Anexo 1 Tabla ERLANG-B de 101 a 151 circuitos.....	115
Anexo 2 Acoplador.....	116
Anexo 3 Divisor.....	117
Anexo 4 Antena Omnidireccional.....	118
Anexo 5 Antena de Panel.....	119
Anexo 6 Cable.....	120
Anexo 7 Repetidor UMTS (1 de 2).....	121
Anexo 7 Repetidor UMTS (2 de 2).....	122
Anexo 8 Esquema de objetos de transmissi3n IUB.....	123

Índice de tablas

Tabla 1 Comparativa GSM vs UMTS.....	8
Tabla 2 Datos para el cálculo de la capacidad y tráfico según clientes.....	22
Tabla 3 Resultados obtenidos en el Apartado 2.....	28
Tabla 4 Detalles técnicos para RX.....	34
Tabla 5 Channel elements para RX.....	34
Tabla 6 Detalles técnicos para TX.....	35
Tabla 7 Channel elements para TX.....	36
Tabla 8 RBS 3303 GPD-based Main Subrack Hardware Units.....	38
Tabla 9 RBS 3303 CBU-based Main Subrack Hardware Units.....	40
Tabla 10 Conclusiones del Nodo B.....	41
Tabla 11 Resumen de atenuaciones.....	46
Tabla 12 Potencias de salida en función de la Planta.....	48
Tabla 13 Atenuación del cable Planta 1.....	50
Tabla 14 Comparativa con y sin atenuación Planta 1.....	51
Tabla 15 Atenuación del cable Planta 0.....	54
Tabla 16 Comparativa con y sin atenuación Planta 0.....	55
Tabla 17 Atenuación del cable Planta 2.....	57
Tabla 18 Comparativa con y sin atenuación Planta 2.....	57
Tabla 19 Atenuación del cable Planta 3.....	59
Tabla 20 Comparativa con y sin atenuación Planta 3.....	59
Tabla 21 Especificaciones repetidor UMTS23H-XXXC2T.....	61
Tabla 22 Resultado Modelo A con divisor.....	63
Tabla 23 Resultado Modelo B con acopladores.....	64
Tabla 24 Resultado Modelo A con divisor.....	66
Tabla 25 Resultado Modelo B con acoplador.....	66
Tabla 26 Resumen de resultados obtenidos.....	67
Tabla 27 Ejemplo de datos para Tx por radioenlace.....	73
Tabla 28 Datos sector.....	78
Tabla 29 Datos celda.....	79
Tabla 30 Datos cable.....	81
Tabla 31 Relaciones de vecindad UMTS.....	81
Tabla 32 Relaciones de vecindad GSM.....	82
Tabla 33 Datos del nodo.....	82
Tabla 34 Datos de tráfico.....	83

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

Comunicaciones móviles. Ediciones UPC.
Mónica Gorricho Moreno
Juan Luis Gorricho Moreno.

Comunicaciones móviles de tercera generación UMTS. Telefónica de España S.A.
Cayetano Lluch Mesquida
José María Hernando Rábanos.

Librería ALEX RBS 3303.
Ericsson 2006.

WCDMA RAN Network Design.
Ericsson 2004.

Principios de comunicaciones móviles. Ediciones UPC.
Oriol Sallent Roig.
José Luis Valenzuela González.
Ramón Agustí Comes.

Ondas electromagnéticas en comunicaciones. Ediciones UPC.
Javier Bará Temes.

Internet:

www.ericsson.com
www.kathrein.com
www.andrew.com
www.protocols.com